ACTA UNIVERSITATIS LUNDENSIS

NOVA SERIES

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT

NY FÖLJD

ANDRA AFDELNINGEN

MEDICIN SAMT MATEMATISKA OCH NATURVETENSKAPLIGA ÄMNEN

XI

1915

(K. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND HANDLINGAR. N. F. XXVI)

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Fysiografiska Sällskapets Handlingar.

Bd 1—25.

Bd 1. Antiseptikens utveckling och nutida tillämpning, af *J. Borelius.* Om operationer på gallblåsan och gallvägarne särskildt vid cholelithiasis, af *J. Åkerman.* Till Algernas systematik, Afd. 6, af *J. G. Agardh.* Undersökning öfver Siljansområdets graptoliter, I, af *S. L. Törnqvist.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1889—90. Lunds Universitets årsberättelse 1889—90, af Universitetets Rektor. — **Bd 2.** Kliniska studier öfver bukorganens lägeförändringar, af *C. H. Hildebrand.* Om bestämning af drufsocker genom förjäsning och uppmätning af kolsyrans volum, af *S. G. Hedin.* Bidrag till kännedomen om platinasulfinbasernas konstitution, af *H. Löndahl.* Beiträge zur Kenntnis des Dickenzuwachses der Rhodophyseen, von *B. Jönsson.* Beiträge zur Flora von Südbosnien und Herzegowina, von *S. Murbeck.* Tvenne asplenier, deras affiniteter och genesis, af *S. Murbeck.* Bidrag till kännedomen om primära barken hos vedartade dikotyler, dess anatomi och dess funktioner, af *H. Tedin.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1890—91. Borgerlig tid och verldstid, inbjudningsskrift af Universitetets Rektor. — **Bd 3.** Un nouveau galvanomètre, par *G. Granqvist.* Sur la théorie des oscillations électriques, par *A. Rosén.* Om toluolsulfonglycin, af *G. Wallin.* Beiträge zu Fauna Grönlands, von *D. Bergendal.* Ehrenbergs Euchlanis Lynceus wiedergefunden? von *D. Bergendal.* Analecta algologica, scr. *J. G. Agardh.* Studier öfver örtartade slingrande stammars jämförande anatomi, af *G. Andersson.* Bidrag till kännedomen om lycopodinébladens anatomi, af *J. Eriksson.* Ueber die Wirkungsphäre der Glycose- und Gerbstoffreaktionen, von *B. Lidforss.* Undersökningar öfver Siljansområdets graptoliter, II, af *S. L. Törnqvist.* Studier öfver bryozoerna i Sveriges kritsystem, I, af *A. Hennig.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1891—92. — **Bd 4.** Öfver ett speciell slag af hvirfvelrörelse i vätskor, af *A. Wiman.* Zur Frage über die Constitution der aromatischen Diazoverbindungen, von *C. W. Blomstrand.* Inverkan af alcoholiskt natriumetylat på ättikester och benzaldehyd, af *Hj. Löndahl.* Om trypsindigestionen, af *S. G. Hedin.* Bidrag till kännedomen om hornsubstansens klyfningsprodukter, af *S. G. Hedin.* Polypostia similis n. g. n. sp., en acotyl polyklad med många hanliga parningsapparater, af *D. Bergendal.* Einige Bemerkungen über Cryptocelides Lovéni mihi, af *D. Bergendal.* Some remarks on the Bottlenose-Whale (Hyperoodon), by *A. Ohlin.* Analecta algologica, continuatio I, auct. *J. G. Agardh.* Iakttagelser öfver ljusets betydelse för fröns groning, af *B. Jönsson.* Studier öfver elaiosferer i örtbladens mesofyll och epidermis, af *B. Lidforss.* Observations on the structure of some Diprionidæ, by *S. L. Törnqvist.* Inbjudningsskrift till filosofie doktorspromotionen d. 27 maj 1893, af Promotor. Inbjudningsskrift till medicine doktorspromotionen d. 27 maj 1893, af Promotor. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1892—93. — **Bd 5.** Studier öfver förändringarne i ammonshornen och närliggande delar vid epilepsi, af *Th. Nerander.* Zur Theorie der Transformation elliptischer Functionen, von *T. Brodén.* Undersökningar öfver den elektriska ljusbågen, af *G. Granqvist.* Versuche über den temporären Magnetismus des Eisens und des Nickels bei hohen Temperaturen, von *N. Grane.* Bidrag till kännedomen om sulfonglycinerna, af *L. Fr. Rosengren.* Studier öfver ciliata infusorier, I, af *H. Wallengren.* Analecta algologica. continuatio II, auct. *J. G. Agardh.* Studier öfver bryozoerna i Sveriges kritsystem, II, af *A. Hennig.* Inbjudningsskrift till filosofie doktorspromotionen i Lund d. 31 maj 1894, af Promotor. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1893—94. — **Bd 6.** Zur Frage über die Constitution der aromatischen Diazoverbindungen und ihrer Isomere, von *C. W. Blomstrand.* Sur le développement de l'électricité au contact de l'air et le l'eau, par *K. A. Holmgren.* Berechnung der Bahn des Kometen 1890 II, von *Elis Strömgren.* Beiträge zur Biologie der geophilen Pflanzen, von *F. W. C. Areschoug.* Iakttagelser öfver tillväxten hos Orobanche-arter, af *B. Jönsson.* Studier till kännedom om malakostrakfaunan i Baffin Bay och Smith Sound, af *A. Ohlin.* Studier öfver ciliata infusorier, II, af *H. Wallengren.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1894—95. — **Bd 7.** Öfver bestämning af induktionskonstanter med differential-vibrationsgalvanometer, af *G. Granqvist.* Analecta algologica, continuatio III, auct. *J. G. Agardh.* Zur Kenntnis des anatomischen Baues des Blattes, von *B. Jönsson.* Studier öfver turbellarier, II, af *D. Bergendal.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1895—96. Lunds Universitets årsberättelse, af Universitets Rektor. — **Bd 8.** Ueber das Auftreten von Lähmungen nach Masern, von *Karl Petrén.* Om stenos och obliteration af aorta vid eller i närheten af ductus Botalli, af *E. Wadstein.* Functionentheoretische Bemerkungen und Sätze, von *T. Brodén.* Basiska eruptiver inom V. Silfbergsfältet i Dalarne, af *M. Weibull.* On the Diplograptidæ and Heteroprionidæ of the Scanian Rastrites beds, by *S. L. Törnqvist.* Revision af lamellibranchiaterna i Nilssons »Petrificata Suecana Formationis Cretaceæ», af *A. Hennig.* Bidrag till kännedomen om larven af Phalacrocera replicata (Lin.), af *S. Bengtsson.* Bidrag till kännedomen om Fam. Urceolarina Stein, af *H. Wallengren.* Analecta algologica, continuatio IV, auct. *J. G. Agardh.* Ueber die physiologischen Leistungen und die Entwickelung des Grundgewebes des Blattes, von *F. W. C. Areschoug.* Zur Physiologie des pflanzlichen Zellkernes, von *B. Lidforss.* Contributions à la connaissance des Renonculacées—Cucurbitacées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique. par *S. Murbeck.* Bidrag till kännedomen om de nödvändiga mineralbasernas funktioner i de högre växterna, af *A. Romanus.* Om cyperaceerna, inbjudning till filosofie doktorspromotionen d. 31 maj 1897, af Promotor. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1896—97. — **Bd 9.** Der Fettgehalt der Moose, von *B. Jönsson* und *E. Olin.* Elektrische und magnetische Theorien, von *A. V. Bäcklund.* Några konsekvenser af Webers lag för elektriska massor, tillämpad på materiella punkter, af *C. Delin.* Iakttagelser öfver tillväxtriktningen hos mossorna, af *B. Jönsson.* Grunddragen af en kometteori, af *J. R. Rydberg.* Kullens kristalliniska bergarter. 1. Den prekambriska Granitit-, Banatit-, Hypersthengabbroserien, af *A. Hennig.* Contributions à la connaissance des Primulacées-Labiées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie, par *S. Murbeck.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1897—98. — **Bd 10.** Researches into the Monograptidæ of the Scanian Rastrites beds, by *S. L. Törnqvist.* Om egendomliga innehållskroppar hos bromeliaceerna, af *G. Wallin.* Contribution à la connaissance des Plombaginées-Graminées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie, par *S. Murbeck.* Analecta algologica, continuatio V, auct. *J. G. Agardh.* Kullens kristalliniska bergarter. 2. Den postsiluriska gångformationen, af *A. Hennig.* Studien über Rheotropismus bei den Keimwurzeln der Pflanzen. I. Allgemeine Untersuchungen, von *A. Berg.* Tafeln zur Berechnung der Präcession zweiter Ordnung für 1900,0, von *A. A. Psilander.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1898—99. — **Bd 11.** Contributions à la connaissance des Graminées-Polypodiacées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie avec un appendice, par *S. Murbeck.* Studier öfver ciliata infusorier, IV, af *H. Wallengren.* Bidrag till kännedomen om botulismens bakteriologi, af *I. Forssman.* Bidrag till den tuberkulösa pleuritens patologiska anatomi, af *E. Wadstein.* Studier öfver Nemertiner, I. Callinera Bürgeri Bergendal, en representant för ett afvikande slägte bland palæonemertinerna, af *D. Bergendal.* Zur Theorie der relativ-Abelschen Zahlkörper, von *A. Wiman.* Parthenogenetische Embryobildung in der Gattung Alchemilla, von *S. Murbeck.* Hülfstafeln zur Berechnung der säkularen Störungen der kleinen Planeten, von *G. Noréen* u. *S. Raab.* Ueber das Verhalten des Pollenschlauches bei Alchemilla arvensis (L.) Scop. und das Wesen der Chalazogamie, von *S. Murbeck.* Malaria och Mosquitos, inbjudning till medicine-doktorspromotionen den 31 maj 1900, af Promotor. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1899—1900. — **Bd 12.** Fall af traumatiskt uppkommen ryggmärgsaffektion, af *Karl Petrén.* Studier öfver Nemertiner, I. Callinera Bürgeri Bergendal, en representant för ett afvikande slägte bland palæonemertinerna, kapitl. 6—11 (Fortsättning), af *D. Bergendal.* Contributions to the astronomical theory of an Ice age, by *C. V. L. Charlier.* Studier öfver pollenslangarnes irritationsrörelser, af *B. Lidforss.* Researches into the graptolites of the Scanian and Vestrogothian Phyllo-Tetragraptus beds, by *S. L. Törnqvist.* Zur Kenntnis des Baues und der Entwicklung des Thallus bei den Desmarestieen, von *B. Jönsson.* Bidrag till teorien för vågrörelse i strömmar, af *C. W. Oseen.* Utgräfningarne af Tycho Brahes observatorier på ön Hven sommaren 1901, festskrift i anledning af 300-årsdagen af Tycho Brahes död, af *C. V. L. Charlier.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1900—01. — **Bd 13.** Die ersten Entwicklungsstadien der Keimpflanze bei den Succulenten, von *B. Jönsson.* Über Anomalien im Baue des Nucellus und des Embryosackes bei parthenogenetischen Arten der Gattung Alchemilla, von *S. Murbeck.* Studien über Nemertinen, II. Valencinura bahusiensis Bgdl, ein Beitrag zur Anatomi und Systematik der Heteronemertinen, von *D. Bergendal.* Termoelektrisk Hysteresis, af *A. Upmark.* Bidrag till Bornholms fossila flora, Pteridofyter, af *Hj. Möller.* Zur Kenntnis des anatomischen Baues der Wüstenpflanzen, von *B. Jönsson.*

ACTA UNIVERSITATIS LUNDENSIS

NOVA SERIES

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT

NY FÖLJD

ANDRA AFDELNINGEN

MEDICIN SAMT MATEMATISKA OCH NATURVETENSKAPLIGA ÄMNEN

XI

1915

(K. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND HANDLINGAR. N. F. XXVI)

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

ACTA REGIÆ SOCIETATIS PHYSIOGRAPHICÆ LUNDENSIS

KUNGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND HANDLINGAR

NY FÖLJD

XXVI

1915

(LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. AFD. 2. BD 11)

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Innehåll:

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 11. Nr 1.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 26. Nr 1.

OM
SVENSKA SILURCIRRIPEDER

AF

JOH. CHR. MOBERG

HÄRTILL TAFL. I OCH II

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Föredragen i K. Fysiografiska Sällskapet den 20 Maj 1914.

LUND 1914
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

I. Inledning och historik.

1892 publicerade C. W. S. AURIVILLIUS (i Bih. Kgl. sv. Vet.-Ak. Handl., Bd 18) en uppsats med titel »Ueber einige ober-silurische Cirripeden aus Gotland». På grund af i Riksmuseum i Stockholm förefintligt material beskrefvos i sagda uppsats ganska många arter, alla nya för vetenskapen. De arter, med hvilka vår silurfauna sålunda riktades, voro följande: *Pollicipes signatus*, föreliggande i ett ganska fullständigt exemplar, samt en del *Scalpellum*-arter (grundade på partier af pedunkeln), nämligen *Scalpellum cylindricum*, *S. granulatum*, *S. procerum*, *S. strobiloides*, *S. sulcatum* och *S. varium*. Derjemte uppställdes (på grund af ett scutum allenast) ytterligare en art, som kallades *Pollicipes validus*, ett namn som dock redan 1839 af JAPETUS STEENSTRUP [1] tagits i anspråk för en helt annan, kritsystemet tillhörig och äfven från vårt land känd, form. För gotlandsfossilet i fråga måste sålunda väljas annat namn, och vill jag såsom sådant föreslå *P. Aurivillii* n. sp. Slutligen är att nämna, att AURIVILLIUS hänför några af de bland hans material föreliggande cirripedfjällen till släktet *Turrilepas* WOODWARD [2], ett släkte, hvars systematiska ställning dock säges ännu vara oafgjord.

Tillägga vi, att S. L. TÖRNQUIST 1883 (i Öfversikt öfver bergbyggnaden inom Siljansområdet i Dalarne etc., Sver. Geol. Unders. Ser. C, N:r 57) omtalar förekomsten af en *Turrilepas* sp. i den svarta trinucleusskiffern (en uppgift som sedermera upprepas i G. LINDSTRÖMS »List of the fossil faunas of Sweden. I», Stockholm 1888), vidare att LINDSTRÖM, i anförda arbetes Part II, Upper Silurian, liksom i sin 1885 utgifna »List of the fossils of the Upper Silurian formation», från Gotland anför *Turrilepas Wrightiana* L. DE KONINCK samt slutligen att J. C. MOBERG och K. A. GRÖNWALL 1910 (i »Om Fyledalens Gotlandium», Kgl. Fysiogr. Sällsk. i Lund Handl. N. F. Bd 20) omnämna fyndet af en *Plumulites* sp. från colonus-

---

[1] STEENSTRUP, J.: Bidrag til Cirripedernes Historie i Fortid og Nutid. Förste Bidrag. Anatiferidæ og Pollicipedidæ fra Kridtperioden. — Naturh. Tidsskr. udg. af HENRIK KRÖYER. Bd 2. Köbenhavn 1838—39. S. 412, pl. 5, fig. 28—32.

[2] Artbestämning anföres ej, något som förefaller egendomligt, då ju LINDSTRÖM tidigare, såväl 1885 som 1888 (å de längre fram i texten anförda ställena), uttryckligen anger formen ifråga vara *Turrilepas Wrightiana* L. DE KONINCK. — LINDSTRÖMS skrifart »Wrightianus» är naturligtvis blott en tillfällig misskrifning.

skiffern i Röddinge lerberg, är såvidt jag kan erinra mig allt anfördt, som i vår silurlitteratur är nämndt om här ifrågavarande djurgrupp.

Lunds universitets äldre geologiska samlingar innehålla, för så vidt jag vet [1], ej några silurcirripeder, men de senaste årens nyförvärf ha bringat äfven denna del af vår fossila fauna så pass beaktansvärda tillskott att redan det föreliggande materialet, dess ringa omfång till trots, synts mig förtjena en närmare undersökning. Det var egentligen en förlidet år af e. o. amanuensen, fil. kand. Sigvard Sjöberg från en strax N om Ullnäs i Östergötland belägen ny lokal för svart trinucleusskiffer [2] hopbragt fossilsamling, som allra först drog min uppmärksamhet till djurgruppen ifråga. Mitt öfriga material härrör mestadels från de vackra samlingar, fil. stud. Orvar Isberg hemfört från skilda silurlokaler i Dalarne, från hvilken provins jag äfven haft att tillgå exemplar ur Prof. S. L. Törnquists rika förråd. Dessutom har Sver. Geol. Unders. benäget tillhandahållit mig en del jemförelsematerial från Gotland och har Professor F. A. Bather, som jag af annan anledning rådfrågat, haft den vänligheten tillställa mig ett vackert aftryck af en af honom sjelf i Dalarnes trinucleusskiffer anträffad cirriped, för hvilket jag härmed får framföra mitt förbindliga tack.

Som bekant fördelar man de skalbärande cirripederna, *Thoracica*, på 5 olika familjer: *Lepidocoleidæ*, *Turrilepadidæ*, *Lepadidæ*, *Verrucidæ* och *Balanidæ*, af hvilka endast de tre sistnämnda ännu fortlefva. *Lepidocoleidæ*, *Turrilepadidæ* och *Lepadidæ*, som äro kända redan från ordoviciska lager, ha alla i yttre höljet ingående kalkplåtar eller -fjäll sinsemellan fria. Vid de djuriska väfnadernas förstöring helt frigjorda, träffas i bergarten de skilda skalen, som allt efter vexlande ursprungligt läge ha mer eller mindre vexlande form, merendels enstaka eller regellöst kringspridda å skiktytorna. Häraf vållas stora, delvis ännu ej öfverkomliga, svårigheter, ej blott för artbestämningen utan äfven framför allt för fastställande af släktkaraktärerna. Någorlunda tillfredsställande upplysningar om djurens byggnad stå nämligen, af skäl som ofvan antydts, ej att vinna, för så vidt ej åtminstone ett flertal fjäll händelsevis anträffas i relativt orubbadt läge, men dylika fynd äro naturligtvis mycket sparsamma. Det var i förbigående sagdt ett dylikt sällsynt fynd, som förlänade samlingen från Ullnäs ett alldeles särskildt intresse, i det att deraf med säkerhet framgick, att äfven vår silur har att uppvisa en representant för det hittills blott från Nordamerika kända släktet *Lepidocoleus*.

Innan jag öfvergår till detaljbeskrifningar är det nödvändigt att till en början något närmare redogöra för de cirripedsläkten, som äro representerade i vår silur. För underlättande af en jemförelse mellan de olika typerna, har jag tillåtit mig att

[1] De äldre samlingarne, som på grund af bristande utrymme ligga nedpackade (delvis sedan mer än 20 år), äro för närvarande mestadels otillgängliga.

[2] Fyndorten, som är belägen vid Vätterns strand omkring 7 km N om Omberg, finnes angifven å Sver. Geol. Unders:s kartblad »Vadstena», der dock betecknad såsom förande orthocerkalk. Närmare beskrifning af lokalen och lagren torde snart vara att vänta af amanuensen Sjöberg sjelf.

å tafl. I sammanföra kopior af mera karaktäristiska afbildningar, tillhöriga den utländska litteraturen.

Otvifvelaktigt var BARRANDE den förste, som fäste uppmärksamheten vid silursystemet tillhöriga cirripeder. Sjelf uppgifver han [1] sig hafva redan 1856 lemnat exemplar, etiketterade *Plumulites*, till flera museer, deribland äfven British Museum. Och 1864 omtalar REUSS [2], att, enligt exemplar af *Plumulites* BARR., hvilka han sjelf sett i BARRANDE's samlingar, släktet ifråga tillhör de skaftade Lepadiderna och antagligen står *Loricula* nära. Någon beskrifning eller afbildning af nämnda sitt släkte lemnade BARRANDE emellertid först 1872 [3], då han beskref 10 dithörande arter. Härom mera längre fram.

Från England beskrefs och afbildades en något liknande form 1865, då WOODWARD på densamma uppställde släktet *Turrilepas* [4]. Typen för släktet var *T. Wrightiana* [5] L. DE KONINCK sp., som dock af sin auctor hade uppfattats såsom tillhörig släktet *Chiton*, således en helt annan djurgrupp [6]. Enligt WOODWARD, som till sitt förfogande hade ej blott DE KONINCK's original utan äfven en del senare tillkomna exemplar, skulle af det honom föreliggande materialet framgå, att släktet *Turrilepas* (jfr fig. 4—6 å vår tafla I) har *dels* 2 vertikala rader af breda asymmetriska fjäll, alla med en skarp längdköl och lateralt skiftesvis täckande eller betäckta af likartade fjäll i vidliggande vertikalrad, *dels* å ömse sidor om de förra en yttre rad af smalare, okölade fjäll. Såsom WOODWARD anmärker, skulle sålunda hos *Turrilepas* jemte de två förstnämnda raderna laterala fjäll finnas en carinal och en dorsal rad [7]. Några af de afbildningar WOODWARD, l. c., lemnat tyckas också berättiga till en dylik tolkning (så t. ex. de i fig. 5 och 6 kopierade). Flertalet af de i senare tid uppställda till *Turrilepas* hänförda arterna höra i sjelfva verket till *Plumulites* BARR., hvilket, såsom vi i det följande skola visa, är ett från det förra skildt, sjelfständigt släkte.

Beträffande de af BARRANDE uppställda *Plumulites*-arterna ha vi först att märka, att det endast är två af dem, nämligen *Pl. bohemicus* och *Pl. folliculum*, som före-

---

[1] BARRANDE, J: Système silurien du centre de la Bohême. Vol. I Supplément, Prague 1872, s. 565.

[2] REUSS, A.: Ueber fossile Lepadiden. Sitz.-Ber. d. mat.-naturw. Classe d. K. Akad. d. Wiss. Wien, Bd 49, Abt. I, s. 215, not 2.

[3] L. a. c., s. 565—77, pl. 20 och 35.

[4] WOODWARD, H.: On the discovery of a new genus of Cirripedia in the Wenlock limestone and shale of Dudley. Quart. Journ. Geol. Soc. Vol. 21, s. 486, pl. 14, fig. 1 a—l.

[5] WOODWARD skrifver *Turrilepas Wrightii*, ett skrifsätt, som allmänt brukas i den engelska litteraturen.

[6] DE KONINCK, L. i Bull. Ac. Roy. d. Sciences etc. de Belgique, 26 Année, 2 Sér., T. 3. — Sjelf har jag endast haft att tillgå en af W. H. BAILY utförd öfversättning: »Observations on twoo new species of Chiton from the Upper Silurian Wenlock limestone of Dudley» införd i Ann. and Mag. Nat. Hist., 3 Ser., Vol. 6 (1860), der (Pl. 2, fig. 2) äfven DE KONINCK's originalfigur kopieras.

[7] WOODWARD anmärker sjelf, att ett tillskott af 2 laterala fjäll i hvarje horisontalrad skulle vara tillräckligt för att deraf bilda en sluten krets. [Inalles skulle då ha funnits 6 vertikalrader.]

ligga i sådant skick, att man af dem kan draga någon slutsats om fjällens ursprungliga inbördes läge. Det är sålunda dessa arter, eller om man så vill *Pl. folliculum*, den bäst bevarade af dem, som man har att räkna såsom typ för släktet. Barrande's diagnos för släktet *Plumulites* är i det stora hela mycket sväfvande, hvadan släktets omfång saknar tillräcklig begränsning. Vertikalradernas antal, som uppgifves vara minst 4, men möjligen större, har för Barrande betydelse endast som artkaraktär. Blott derigenom blir det förklarligt, att såväl Barrande [1] som Woodward [2] kunde anse de båda släktena vara synonyma, en åsikt, som egendomligt nog går igen hos alla senare författare, som sysslat med denna fråga, vare sig de tillerkännt det ena eller andra släktnamnet prioritet. De olika fjällen äro hos Barrande väl afbildade och utförligt beskrifna. Han urskiljer två olika slags alltid förhandenvarande fjäll, det ena slaget långa, randliggande, det andra korta och breda, hvilka båda förekomma tillsammans å hvarje individ. Men dessutom träffas mera sällsynt fjäll af andra former, hvaribland särskildt märkes ett slags bilateralt subsymmetriska, kägelformiga, upptill afrundade (se fig. 11 å vår tafl. I), af Barrande kallade »valves fenestrées». Barrande uttalar den förmodan, att dessa, som måhända ej finnas å alla arter, möjligen skulle kunna angifva något speciellt organ. Till frågan om fjällens närmare anordning skola vi återkomma längre fram vid redogörelse för *Turrilepas Peachi* Etheridge et Nicholson.

1878 beskref R. Etheridge Jun. [3] en vid Balcletchie i Girvan-distriktet förekommande cirriped, som han kallade *Turrilepas scotica*. Författaren, som utan vidare förutsätter att *Turrilepas* H. Woodw. och *Plumulites* Barr. äro synonyma, visar, i en utförlig, sedermera ofta upprepad utredning, att namnet *Turrilepas* har prioritet [4]. 1879 omnämnes, af Etheridge och Nicholson [5], åter arten ifråga, af hvilken nu flera och bättre afbildningar lemnas. Endast spridda fjäll hade dock anträffats, något som, i förbigående sagdt, fortfarande är fallet [6]. Bland de hithörande fjällen återfinnas representanter för alla de typer Barrande för det af honom uppställda släktets vidkommande kunnat särskilja. Äfven ett kägelformadt fjäll af det slag,

[1] Barrande, J.: L. a. c., Vol. I Suppl., p. 565.

[2] Woodward, H.: A catalogue of british fossil crustacea etc. London 1877 (8:o), s. 143.

[3] Etheridge Junior, R.: Notes on a few silurian fossils from the neighbourhood of Girvan, Ayrshire, in the collection of Mrs Robert Gray, Edinburgh. — Proceed. R. Phys. Soc. Edinburgh 1878, Vol. 4, pag. 166, pl. 2, fig. 1, 2.

[4] Englands paleontologer synas i regel ha anslutit sig till denna uppfattning. Man finner nämligen i den engelska litteraturen ej namnet *Plumulites* användt annat än undantagsvis, i äldre arbeten, såsom t. ex. i den 1876 utgifna »Catalogue of the Western Scottish Fossils, compiled by James Armstrong, John Young and David Robertson». — Som exempel på ett alldeles omvändt förfaringssätt må nämnas, att i Zittels Grundzüge der Paläontologie I, 3:te Aufl. (München 1910) begagnas namnet *Plumulites* äfven för *Turrilepas Wrightiana* Koninck sp.

[5] Nicholson, H. A. and Etheridge Jun., R.: A monograph of the silurian fossils of the Girvan district in Ayrshire etc. Fasciculus II. Edinburgh. 8:o. Pag. 214, pl. 14, fig. 22—27.

[6] Författarne omnämna visserligen ett exemplar af *T. scotica*, hvilket skulle visa ett antal hophöriga fjäll, men tvifvelsutan torde detta hafva tillhört deras senare beskrifna *T. Peachi*. Cowper Reed anger bestämdt att »hela» exemplar inom Girvan-distriktet ej träffats af någon annan *Turrilepas* än af just den sistnämnda.

som BARRANDE kallat »valve fenestrée», anföres här under namn af »cancellated plate» eller »reticulate plate». Redan häri skulle man kunna se en antydan om att denna *Turrilepas scotica* och BARRANDE's *Plumulites*-arter tillhöra samma genus.

En annan, *Turrilepas scotica* närstående, art, *T. Peachi*, beskrefs 1880 af ETHERIDGE och NICHOLSON [1]. Flera af de hithörande exemplaren visade ett ej obetydligt antal fjäll i relativt föga rubbadt inbördes läge. Författarne påpeka sjelfva, att man här jemte korta breda fjäll finner en serie randliggande fjäll, tillhörande den typ man plägat kalla drakformiga; likheten med BARRANDE's *Plumulites Bohemicus* framhålles. Ändtligen erhölls genom COWPER REED [2], som 1908 underkastade allt tillgängligt material af *Turrilepas Peachi* ETH. JUN. et NICH. och närstående former en noggrann revision, mera ingående kännedom om den sagda artens byggnad. Då mig tillgängligt material inskränker sig till isolerade fjäll, anser jag lämpligast att, hänvisande till de å vår tafla I, fig. 7—11, återgifna afbildningarna, här ordagrannt anföra den af COWPER REED (l. c., p. 523) lemnade beskrifningen:

»*Definition*. Body elongated oval, bilaterally symmetrical; dorsal side gently convex subcarinate longitudinally, composed of two lateral series of large plates arranged in pairs and two median rows of small plates in contact in median line, and also in corresponding pairs. Shell thin, calcareous. Lateral plates kite-shaped, slightly curved, with pointed apex, but varying somewhat in shape according to their position, with their longer axes making nearly a right angle with the median carina of the body in the posterior part of the organism, but becoming less and less steeply inclined anteriorly till they lie nearly parallel at the anterior end. Surface of lateral plates marked by narrow submedian fold along their length and usually a narrower, less impressed one on their anterior half, both appearing as grooves on the outer surface and as ridges on the inner surface of the plates; [the most anterior pairs may have an anterior submarginal and a posterior submarginal narrow fold in addition to the submedian one, which is always the strongest]. Surface of plates crossed by regular transverse equal, closely placed and equidistant, imbricating lamellæ at right angles to main fold and meeting the anterior edge at a large angle, but curved forwards sharply towards the apex near the posterior edge of the plate and more closely crowded together. Apex of lateral plates more or less convex; base broadly rounded, convex. Base of opposite lateral plates nearly in contact. Successive plates overlap from behind forwards for about half their width, but their apices are free.

Median plates arranged in a double longitudinal series, with their inner edges in contact along carina of body. Shape of plates short, broad, subtriangular, with sinuated rounded base, long hypotenuse, more or less arched perpendicular; apices directed forwards and overlapping considerably from behind forwards. Surface of plates marked by one or two low submedian longitudinal folds from apex to base

[1] NICHOLSON and ETHERIDGE. L. a. c. Fasciculus III. Pag. 301, pl. 20, fig. 8—10.

[2] COWPER REED, R. The structure of Turrilepas Peachi and its allies. Transactions Roy. Soc. Edinburgh. Vol. 46, part 3, n:r 21.

and by regular equal transverse imbricating lamellæ concentric to base, meeting hypotenuse at large angle but curving forward sharply at inner angle concentrically to inner edge of plate and more closely crowded together. Terminal plate single, subcircular, emarginate. (See Addenda).»

I »Addenda» (sid. 527) säges angående dessa terminala fjäll (se fig. 9 och 10 å vår tafl. I), som här för första gång omtalas, att de »probably represent the single terminal plates of the paired median series of plates in both *T. scotica* and *T. Peachi.*»

Erinrande om att man hos *Turrilepas Wrightiana* de Koninck funnit fjällen ordnade i 4 vertikalrader, nämligen två laterala (midtrader) med större, kölade fjäll samt tvänne ytterrader, den ena carinal, den andra dorsal, båda innehållande små okölade fjäll, i samtliga rader taktegelformigt ordnade och alternerande med dem i angränsande rad, ha vi att ur ofvan citerade diagnos för *Turrilepas Peachi* och närstående framhålla, hurusom äfvenledes hos dem fjällen äro ordnade i fyra vertikalrader, men att hos sistnämnda form de två midtraderna bildas af korta breda, parvis ställda, i kroppens midtlinie endast hopstötande fjäll, medan de yttre raderna bildas af långa drakformiga fjäll, basalt täckta af vidliggande midtfjäll. Skilnaden är så betydande, att dessa sistnämnda former obetingadt äro att föra till annat släkte än *Turrilepas Wrightiana*, hur än byggnaden i öfrigt månde vara. En jemförelse mellan Cowper Reeds afbildningar af *T. Peachi* och Barrande's figurer till hans *Plumulites*-arter, särskildt *Pl. Bohemicus* (l. a. c, fig. 1) och *Pl. folliculum* (l. a. c., fig. 10—17) visar deremot, att mellan formerna ifråga finnas så stora öfverensstämmelser, att det ej kan vara tal om annat, än att *de* alla tillhöra samma släkte. I det följande komma vi sålunda att räkna »*Turrilepas scotica*», »*Turrilepas Peachi*» och dem närstående till slägtet *Plumulites*. Egendomligt är att Cowper Reed ej sjelf dragit dessa konsekvenser af sina undersökningar, fast han flerstädes framhåller, att stor, ja slående likhet eger rum mellan formerna ifråga, och på ett ställe till och med säger »it . . . indeed casts doubt on the view that *Plumulites*, Barrande, and *Turrilepas*, Woodward (type *T. Wrightii*) are synonymous».

Fastän vår kännedom om släktet *Plumulites* på sätt som nämnts onekligen betydligt ökats, är den dock tyvärr ännu i hög grad bristfällig, något som i all synnerhet ger sig tillkänna, när det gäller släktets systematiska ställning. Man har till och med satt ifråga det berättigade i att hänföra det till cirripederna. Det kan ju ej bestridas, att föreliggande data ej räcka till för att på dem bilda sig ett säkert omdöme om släktets morfologi och derpå beroende relationer till närstående former, men en antydan åtminstone om de olika åsikter, som i dessa hänseenden framkommit, torde dock det oaktadt ej vara alldeles värdelös. Innan vi inlåta oss på denna del af vårt ämne, måste vi emellertid äfven redogöra för släktet *Lepidocoleus* Faber. Visserligen är det material, som föreligger af släktets svenska representant i det stora hela mycket godt, men då amerikanska författare, som ju först uppställt och närmare definierat släktet, synas haft tillgång till dels i någon mån fullständigare exemplar dels flera olika arter, anser jag det vara lämpligast, att äfven för detta släktes vidkommande

hemta den allmänna beskrifningen ur utländsk källa, och tillåter jag mig derföre här citera CLARKES arbete »The structure of certain paleozoic barnacles»[1], från hvilket också de i fig. 1 och 2 å vår tafl. I återgifna afbildningarne lånats[2]. CLARKE skrifver (l. c., p. 139) följande:

»The genus *Lepidocoleus* was introduced by Charles L. Faber* for a cirripede from the Hudson River rocks at Cincinnati. According to Mr. Faber's identification the species upon which the genus is based is that described from isolated plates by Hall and Whitfield as Plumulites jamesi †. The Cincinnati specimen is apparently entire and shows very distinctly the points of structure upon which the generic diagnosis is based. The fossil consists of but two vertical rows of plates and these are so arranged as to exclude the possibility of any additional accessory rows. These plates have reversed symmetry and corresponding ones are of the same size, but each is decidedly unsymmetrical in itself. The apices are situated at one edge (which Mr. Faber has accurately termed the dorsal edge) of the flat body and thus those of the two rows lie in close apposition. From this apex there is a very short slope on the narrow dorsal surface and a very long slope over the side to the ventral edge. The fine ornamental lines are concentric to the apex and thus increase the appearence of asymmetry in the plate. The plates in each of the two series overlap each other for one-half or two-thirds of their length so that but a narrow portion of each is exposed. The members of the two rows alternate with regularity at the dorsal edge so that the individual plates do not occupy symmetrical positions, each being a little further forward than that most closely adjoining it on the opposite row. On the dorsal edge the elevation of the apex is continued into a slight thickening or ridging of the ante-lateral slope of each plate. The plates of the two series come together in direct apposition without overlap on the ventral edge. The resultant form of the fossil is, hence, elongate blade-shaped, with broad sides, a narrow dorsal and sharp linear ventral edge. Faber's specimen also shows a strong flexion of the three or four basal plates toward the ventral side. The autor gives no details of the structure at the distal, apical extremity and the figures indicate that the specimen is broken at this point».

* Journ. Cincinnati Soc. Nat. Hist., p. 14, pl. 1, figs A—F; 1887.

† Palæont. Ohio, vol. 2, p. 106, pl. 4, figs 1, 2.

I CLARKES här citerade arbete beskrifves äfven ett i Niagara shales anträffadt synnerligen fullständigt exemplar af *Lepidocoleus Sarlei* CLARKE n. sp. Enär der lemnade artbeskrifning i någon mån kompletterar nyss anförda släktkarakteristik, tillåta vi oss att derur framhålla följande detaljer. Under det att såväl höger- som venstersidan — dorsalranden tänkes vänd mot åskådaren — i öfriga delen visar en serie likartade fjäll, bildas apicala delen af tvänne triangulära fjäll, af hvilka högersidans, caudalfjället, delvis omslutes af venstersidans något bredare terminala

[1] CLARKE, J. M. The American Geologist, Vol. 17 (1896). Minneapolis, Minn.

[2] Å taflan till ett mig af författaren benäget tillsändt separat finnes antecknadt: *The figures on this plate are upside down.* Vår tafla I återger figurerna rätt vända.

fjäll, som skjuter ut öfver och med sin dorsala något urgröpta rand delvis öfvergriper det förra[1].

För bättre förståelse af de i det föregående nämnda släktenas systematiska ställning torde ock det hittills endast från Nordamerikas Devon (Hamilton Group) kända släktet *Strobilepis* Clarke (se fig. 12 å vår tafl. I) böra med några ord omnämnas. Det omslutes af 4 vertikalrader af relativt starka, grofva fjäll. I två motstående, likartade rader äro fjällen af jemförelsevis betydande storlek (veckade eller kölade?); i de deremellan belägna raderna äro fjällen deremot relativt små, i den ventrala raden ombildade till taggar, i den dorsala åter byggda ungefär som de nyssnämnda stora fjällen, men mera trubbiga, samt okölade. Upptill afslutas det hela af ett mössformigt (»patelliform») caudalfjäll, hvars apex är riktad mot kroppens ventralsida.

Clarke, som 1896 låter *Lepidocoleus* vara typ för en egen familj *Lepidocoleidæ*, förer samtidigt *Strobilepis* och *Turrilepas* till familjen *Turrilepadidæ*[2]. Så länge man ansåg *Turrilepas* och *Plumulites* vara synonymer, kunde det ju ej vara tal om mer än en familj för formerna ifråga, men numera, då det af allt synes framgå att *Turrilepas* och *Plumulites* äro bestämdt skilda släkten, kan det naturligtvis ställas i fråga, huruvida de ej äfven representera skilda familjer, då vi sålunda jemte *Turrilepadidæ* Clarke också hade att räkna med en särskild familj *Plumulitidæ*. Huru man härvid har att förfara, torde emellertid tills vidare helst böra lemnas som en öppen fråga, särskildt med hänsyn till de stora luckor, som tydligen ännu alltjemt vidlåda vår kännedom om byggnaden af släktet *Plumulites*.

I fråga om de i det föregående nämnda paleozoiska utdöda cirripedsläktenas morfologi råder, såsom af olika författare framhållits, ganska stor meningsskilnad. Såväl Woodward som Barrande jemföra de af dem uppställda släktena, *Turrilepas* och *Plumulites*, närmast med det familjen *Lepadidæ* tillhöriga släktet *Loricula*, hvars exoskelett enligt vedertagen terminologi är att uppdela i capitulum och pedunkel. Woodward talar visserligen om lateral-, carinal- och rostralplåtar hos *Turrilepas*, något som kunde tyckas tyda på en jemförelse med de olika delarna af ett capitulum, men å andra sidan säger han också uttryckligen, att operkulära delar af *Turrilepas* ännu äro obekanta samt att djuret antagligen mestadels var inhyst i pedunkeln. Barrande framhåller å sin sida, att hos *Plumulites* pedunkeln är rudimentär. De kända delarne skulle väl sålunda enligt honom, i hufvudsak åtminstone, representera capitulum. Cowper Reed åter är af den mening, att det fossil vi känna under namn af *Turrilepas Wrightiana* de Koninck sp. endast torde vara ett pedunkelparti, och framkastar den frågan, huruvida ej måhända i så fall det väsentligen af

[1] Såsom i not 2, s. 9, här omtalats skola de af Clarke lemnade figurerna vändas upp och ned hvarvid höger- och venstersida naturligtvis byta plats. I Clarkes förklaring till hans figurer 5 och 6 är också nödvändigt utbyta orden »left» och »right» mot hvarandra.

[2] I det 1888 af James Hall och J. M. Clarke utgifna arbetet »Text and plates containing descriptions of the Trilobites and other Crustacea of the Oriskany, Upper Helderberg, Hamilton, Portage, Chemung and Catskill Groups» (Pal. of New-York. Vol. VII), hvari slägtet *Strobilepis* Clarke först uppställes, föras såväl detta som *Turrilepas* (och *Plumulites* såsom dermed synonymt) till familjen *Lepadidæ*.

drakformiga fjäll bildade fossil, som enligt här begagnade terminologi kallas *Plumulites*, skulle kunna tänkas vara det till förstnämnda form hörande capitulum, dervid dock anmärkande, att byggnaden af dessa *Plumulites*-former, för så vidt man för närvarande kan döma, knappast kan anses tala för en dylik åsikt Då det vill synas som skulle äfven de, endast tillsammans med vanliga *Plumulites*-fjäll anträffade, kägelformiga fjällen (»cancellated plates») tillhöra *Plumulites*-arternas exoskelett och, enligt Coowper Reed, äfven de s. k. terminala, rundade fjällen skulle höra hit — hans uppgift om de senares relativa läge torde väl knappast få anses säkert fastställd — måste man naturligtvis fråga sig, om ej en del af de anträffade till *Plumulites* räknade fjällen kunna tillhöra ett capitulum, en annan del åter en pedunkel.

Plumulites, sådan den af Cowper Reed afbildas, visar oss ej mer än den ena, låtom oss säga främre, sidan af exoskelettet (sedd utifrån eller inifrån). För att fossilet skulle kunna representera en rundt om sluten kropp, skulle man snarast ha att tänka sig det böra fullständigas genom en liknande bakre sida. I sitt ofvan ofta citerade (den 24 Dec. 1908 såsom separat tryckta) arbete säger Cowper Reed beträffande föreliggande fråga, att intet antyder att fjäll skulle ha funnits rundt om, tilläggande han vidare, att undersidan (»the ventral side»), som är okänd, kan ha varit membranös. Som förut nämnts har *Plumulites* ansetts stå *Loricula* nära, d. v. s. man har tyckt sig finna en viss likhet mellan *Plumulites* och pedunkeln till *Loricula*, hvilken senare dock har en helt annan anordning af fjällen. Under sådana omständigheter är det af särskildt intresse att taga del af de iakttagelser angående pedunkelns byggnad hos *Loricula*, hvilka Henry Woodward 1908 i Novemberhäftet af Geological Magazine framlagt i en uppsats med titel: »On a large cirripede belonging to the genus *Loricula*, from the middle chalk (Turonian), Cuxton, near Rochester, Kent». Sid. 498 konstaterar han, på grund af många iakttagelser, att *Loricula* varit fastvuxen med ena sidan af pedunkeln och att säkerligen kalkfjäll utvecklats endast på den öfre fria sidan (»the upper exposed side»). I detta afseende skulle sålunda, derest Cowper Reeds nyss anförda åsikt om byggnaden af *Plumulites* vore riktig, onekligen finnas en viss likhet mellan detta släkte och *Loricula*.

För egen del måste jag emellertid tillstå, att jag af de afbildningar Barrande lemnat af *Plumulites folliculum* fått det intryck, att denna egt full relief samt bildat ett af fjäll fullständigt omslutet helt. Att de randliggande (drakformiga) fjällen å Cowper Reeds figurer af *Plumulites* (*Turrilepas*) *Peachi* ha fria spetsar, medan man å Barrande's afbildningar af *Plumulites folliculum* finner en jemn (ej tandad) kontur, beror tydligen på att fjällen, vid *den ursprungligen ganska väl hvälfda* ytans nedpressning till skiktplanet, måst drifvas i sär utmed ytterranden. Om det intryck jag fått af arten vore riktigt, skulle tydligen analogien med *Loricula* långt ifrån vara så stor som man till en början förmenade. Snarare skulle då såsom Clarke påpekat (l. c. 1896, p. 142) analogier vara att finna hos sådana primitiva former som *Strobilepis* eller t. o. m. *Lepidocoleus*, hos hvilka differentiationen ännu ej fortskridit så långt, att en uppdelning i pedunkel och capitulum förefinnes. Att man just

häri har att se ett primitivt drag, framgår deraf, att undersökningar öfver postlarvala utvecklingen af *Pollicipes polymerus* Sow. visat, att man hos mycket unga individ ej kan bestämdt afgränsa capitulum, enär dettas undre fjäll knappast äro att skilja från de öfre fjällen i pedunkeln. Detta enligt Mr A. GRUVEL[1], ur hvilkens arbete här lämpligen äfven kan anföras följande (af H. WOODWARD 1908, l. a. c., gjorda och till engelska öfversatta) utdrag:

»It is impossible for us to arrive at an exact idea of the form under which the first ancestor of the Cirripedia showed itself after the initial *Cypris*-state. In the present condition of our palæontological knowledge of these animals, the first traces which remain to us are met with in the Silurian and Devonian strata of Europe and North America by those calcareous scales, very similar in appearence, which were considered by Professor De Koninck as the plates of Chitons (*Chiton Wrightianus*), by H. Woodward as peduncular scales, and by Barrande as part of the capitulum of a Cirripede.

Our opinion is that they are the remains of the *complete imbricated covering* of a primitive Cirripede, first correctly designated by H. Woodward under the name of *Turrilepas*. The real animal may be said to have been enclosed in this species of scaly cylinder, which afforded only a poor protection to its appendages and soft parts. To furnish a more efficient shelter, the plates of the upper row were much more specially developed than the others, and the hard external covering was more completely divided into two series; the upper series being more developed to form the plates of the *capitulum*, whilst the remaining rows nearly all alike in form, constituted the scales of the *peduncle*».

Med den ringa kännedom vi i sjelfva verket ännu ega beträffande de primitiva paleozoiska cirripedernas byggnad, har det sig naturligtvis svårt att för de olika fossilens vidkommande afgöra, hvad som skall räknas som öfre eller nedre ända, något som ju blir bestämmande för uppställningen af fossilet vid dess beskrifning och afbildning. Vid reproducerande af andras afbildningar har jag i detta hänseende ej vidtagit några förändringar, och vid beskrifning och afbildning af de svenska fossilen har jag valt den uppställning, som bäst framhållit likheterna mellan dem och närstående förut kända.

[1] Mr. A. GRUVEL's arbete »Monographie des Cirrhipèdes or Thécostracés» (Roy. 8:o, Paris 1905) har ej varit mig tillgängligt, och jag känner sålunda detsamma endast genom H. WOODWARDS citerade uppsats från 1908.

II. Artbeskrifning.

Lepidocoleus suecicus n. sp.

Tafl. II, fig. 1—11.

Såsom redan i det föregående nämnts, har af denna art anträffats ett ganska fullständigt exemplar. Angående detta må till en början blott framhållas, att hvardera sidan bildas af en rad hvarandra taktegelformigt täckande fjäll. Högersidans och venstersidans äro hvarandras fullkomliga spegelbilder; då terminala fjäll å exemplaret ifråga saknas, är omöjligt afgöra i hvad mån dessa afvika från sagda regel. Hålla vi oss till den af Clarke gjorda orienteringen, är att märka att af de fjäll, som tillhöra samma sida, ett undre alltid täcker så mycket af närmast öfre, att af fjällen *in situ* endast en mindre del utmed deras öfre rand blir synlig. Men de i stor mängd föreliggande isolerade fjällen lemna bästa upplysningar om fjällens form och beskaffenhet i öfrigt. Alla fjäll ha ensartad byggnad; de olikheter som förefinnas torde till stor del bero på fjällens olika relativa läge, måhända dock äfven i någon mån på den grad af utveckling (eller ålder) som nåtts af det individ, de en gång tillhört. Vi börja vår beskrifning med redogörelse för den vanligast förekommande typen, för att derefter särskildt angifva de modifikationer af denna, som å föreliggande rikliga material äro att iakttaga.

Å de i stort sedt rektangulära fjällen kan man särskilja ett bredare lateralt parti och ett helt smalt, mot det förra vinkelböjdt, dorsalparti. Öfvergången mellan dessa båda bildar en hufvudsakligen genom tillväxtlinjernas böjning markerad, rundad, dolkformig köl[1], hvars öfversta i en skarp spets utlöpande del (apex) skjuter ganska långt upp förbi sidopartierna. Öfre randen är såväl å laterala som dorsala partiet i hufvudsak konkav, i det att den nedanför apex böjer sig mer och mer åt sidan och i laterala partiets yttre hälft, der den är temligen rätlinig, kan bli riktad rätt utåt. Sidoränderna, som med öfre randen bilda rätvinkliga eller något trubbvinkliga hörn, äro nästan raka eller svagt utåt konvexa, sinsemellan subparallella. Undre randen, som är s-formigt böjd, öfvergår i ventralranden med jemn, relativt vid båge, medan deremot öfvergången till dorsalranden sker mera tvärt; båda de undre

[1] Flera exemplar från Amtjärn ha kölen åt dorsalpartiet litet skarpare markerad än annars är regel.

hörnen äro dock väl afrundade. Den del af undre randen som svarar mot den ofvannämnda kölen bildar en framskjutande konvex båge, som å laterala partiet följes af en mer eller mindre djup sinus (= utåt konkav båge). Ett från apex till undre randen lagdt genomsnitt af skalet — hvilket inom det till kölen hörande partiet, der det är kraftigast, kan nå något öfver en half millimeters tjocklek — ger fullkomligt bilden af en *Monograptus* af *dubius*-typen. Graptolitens dorsalrand motsvarar då innersidan, dess sågtandade ventralsida deremot yttersidan af fjället, hvarvid är att märka, att graptolitens distaländа motsvarar fjällets apicaländа. Om vi fasthålla bilden skulle sålunda, enär hvarje theca motsvarar ett särskildt skallager och apicaländan hos fjället är dess äldsta del, en äldre (tidigare) theca motsvara genomskärningen af ett senare tillkommet skallager. Den ingående vinkeln mellan två thecor (gränsen mellan två successiva skallager) ter sig å fjället som en fåra. Hela fjällets yta är täckt af dylika, med sidoränderna och undre randen parallella, tätt stående fåror eller tillväxtlinjer, hvilka i apicala delen måhända äro något glesare. Tillväxtlinjerna stå vid öfre randen vinkelrätt mot denna, som också å väl bibehållna exemplar, derigenom att hvarje nytt skallager skjuter fram som en spets, får utseende af att vara fint sågtandad. Då mera fullständiga exemplar, med flera fjäll *in situ*, visa, att hvarje fjäll med sin öfre del täcker basalpartiet af det närmast öfversittande, måste fjällen tydligen ha varit inkapslade på liknande sätt som nageln å ett finger. Fjällens inre sida är slät, undantagandes att det finnes en rundad fördjupning belägen närmare undre randen, strax ofvan dess sinus. Denna fördjupning, som stundom synes åtföljas af en angränsande förtjockning, torde vara ett muskelfäste. Alla de (fyra) exemplar, på hvilka jag bortpreparerat skalet, förete spår af nämnda muskelfäste, som naturligtvis å kärnan visar sig som en upphöjning. Det laterala partiet är svagt konvext eller nära plant, det dorsala något konkavt Medan det förra vanligen ligger å skiktytan, kommer det relativt obetydliga dorsala partiet, som bildar en ganska markerad vinkel mot det förra och derför mestadels är nedpressadt i skiffern, oftast att så döljas, att man först efter preparering kan iakttaga detsamma. Fig. 2—5 visa fjäll i dylikt läge. Fig. 6 och 7, å hvilka både lateral- och dorsalparti ligga på samma skiktyta, visa tydligt, hurusom detta möjliggjorts endast genom med kölen mer eller mindre parallella bristningar eller remnor, ofta nog gående helt nära kölen, något som väl harmonierar dermed att fjället såsom förut nämndt i denna region har sin största tjocklek.

Jemte de ofvan beskrifna, så att säga normala, fjällen förekomma andra af något afvikande typ, Vi ha ofvan omtalat, hurusom undre randens sinus kan vara af ganska vexlande djup. Redan detta medför en viss olikhet i fjällens habitus, men större inflytande i detta hänseende har tvifvelsutan den ventrala randens något vexlande riktning. I stället för att vara subparallel med kölens midtlinje kan ventralranden nämligen, så t. ex. å de i fig. 4 och 5 afbildade fjällen, konvergera med densamma i riktning mot apex, en konvergens, som kan bli så betydlig, att ventralranden kommer att ligga i linje med öfre randen, hvarigenom fjället får en fullkomligt triangulär kontur (se fig. 11). Alldenstund hos större fjäll med parallella sido-

ränder en dylik konvergens ej kommer till synes i förloppet af tillväxtlinjerna inom fjällens äldsta (apicala) del, måste säkerligen i regel den större konvergensen bero på att ett dylikt fjäll haft sin plats närmare terminala delen. Endast å ett exemplar (se fig. 3) har jag iakttagit spår till radierande skulptur, i det att här å gränsen mellan kölen och lateralpartiet finnas 1 à 2 ytterst fina, fördjupade linjer gående från apex till undre randen. Å intet af de i öfrigt mycket väl bevarade fjällen har kunnat iakttagas något spår till den egendomliga fina skulptur mellan tillväxtlinjerna, hvilken enligt RUEDEMANN[1] skall karakterisera *Lepidocoleus Jamesi* HALL & WHITFIELD sp.

Till hvad här förut nämnts angående det enda mera fullständiga exemplar som föreligger af denna vår art, är att tillägga, att exemplaret, som har en längd af 10 mm och en bredd af 5 mm, vid dorsalranden når 1 mm i tjocklek medan ventralranden är skarp som en knifsegg. På grund af sammanpressningen är det omöjligt säga, om de båda sidornas fjäll i dorsalpartiet till någon del täckt hvarandra, eller om de, såsom ju att döma af CLARKES framställning torde vara troligast, här endast berört hvarandra med ytterranden. Vidare hindrar en samtidigt med sammanpressningen uppkommen förskjutning af de båda sidornas fjäll oss att afgöra, huruvida fjällen äfven hos vår art haft det läge, som CLARKE uppgifver, d. v. s. sådant att den ena sidans fjäll alternerat med den andras. Vid förskjutningen ha nämligen fjällen på sina ställen så trängts tillhopa, att man af en del af dem endast ser helt obetydligt af öfre randen, medan på andra ställen (jfr t. ex. fig. 1 b) ett fjäll kan vara synligt för större delen af sin yta. Å högra sidan har ej kunnat räknas flera än 5 fjäll, medan man å den venstra, förutom 6 à 7 i normalt läge, vid undre ändan finner ytterligare två, af hvilka åtminstone det ena ganska säkert torde ha hitkommit från motsatta sidans serie. Ett vid Svålasgård i Skattungbyn (Dalarne), i dervarande svart trinucleusskiffer, af Mr F. A. BATHER anträffadt exemplar af denna art, nu förvaradt i British Museum (och der inregistreradt såsom I 14425), visar enligt ett mig godhetsfullt tillställdt aftryck ett antal af ungefär 19 temligen i rad — ofvanpå eller efter hvarandra — liggande fjäll, af hvilka en del visa yttre, andra inre sidan. Då af allt att döma samtliga dessa tillhört ett enda individ, skulle man möjligen deraf kunna draga den slutsats, att minst 9 à 10 fjäll funnits å hvarje sida, eller snarare ännu flera, eftersom de förefintliga fjällens form tydligen anger att exemplaret åtminstone vid ena ändan varit defekt. Af förut kända arter har *L. Jamesi* HALL & WHITEFIELD sp. å hvardera sidan 15 fjäll, *L. Sarlei* CLARKE 12 å den ena, 13 å den andra sidan och ett fragment af *L. polypetalus* CLARKE låter räkna ända till 17 stycken i rad.

Å nyssnämnda exemplar från Svålasgård blir å ett par fjäll inre sidan synlig. Man iakttager här dels spår af det förut omtalade muskelfästet, dels en antydan till radierande strier vid apicala partiet.

[1] R. RUEDEMANN: »Trenton Conglomerate of Rysedorph Hill Renselaer Co. N. Y. and its fauna». New York State Museum. Bull. 49. December 1901. — Här må i öfrigt anmärkas att jag, på grund af en del af de i sagda arbete lemnade uppgifterna, måste betvifla att författaren varit fullt på det klara med sin uppfattning af artens vare sig byggnad eller omfång.

De beskrifningar och afbildningar jag haft att tillgå af amerikanska arter äro så allmänt hållna eller schematiska att en identifiering med ledning deraf allena är ogörlig. Af de utländska arterna tillhör *L. Jamesi* Hudson River Group, d. v. s. öfversta Ordovicium, *L. Sarlei* Niagara shales d. v. s. Gotlandium, och *L. polypetalus* Lower Helderberg d. v. s. undre Devon. *L. Jamesi*, som sålunda till sin geologiska ålder torde vara ungefär samtidig med vår art, synes endast nå hälften af dennas storlek, hvadan jag äfven på denna grund ansett mig böra tills vidare åtminstone uppföra vår art som ny.

L. suecicus, som endast träffats i den svarta trinucleusskiffern, föreligger i talrika exemplar från Ullnäs och Örberga i Östergötland och från Amtjärn, Enån, Fjecka, Gulleråsens Skräddaregård, Skattungbyn och Wikarbyn i Dalarne. Endast vid Wikarbyn och Örberga har tillsammans med den träffats en *Plumulites*.

Plumulites dalecarlicus n. sp.

Tafl. II, fig. 12—17.

Af denna art ha endast isolerade fjäll anträffats. I fråga om de olika fjällens ursprungliga relativa läge kunna vi sålunda endast hänvisa till den i det föregående lemnade redogörelsen. Såväl drakformiga randfjäll, som triangulära medianfjäll och möjligen äfven ett kägelformigt fjäll föreligga, alla härrörande från Dalarnes svarta trinucleusskiffer. Fjällen, som varit helt tunna, ha mestadels förlorat skalsubstansen, så att endast aftrycken äro förhanden; blott vid Gulleråsens Sanden ha träffats exemplar, som åtminstone delvis ha kalksubstansen i behåll. Bäst bevarade äro emellertid aftrycken, hvilka derföre också, då dylika varit tillgängliga, lagts till grund för beskrifningen.

De drakformiga fjällen. I stort sedt ha dessa formen af en spetsvinklig triangel. Vi ha här att särskilja basen, den främre och den bakre sidoranden. De vid spetsen rätliniga sidoränderna bilda der en vinkel af 48°. Den något s-formigt svängda basen öfvergår ganska tvärt i den nästan rätliniga, endast närmare spetsen svagt konkava främre randen; sjelfva hörnet är dock aftrubbadt. Öfvergången mellan basen och bakre sidoranden sker deremot utan bestämd gräns i en jemn, vid båge. Maximibredden förhåller sig till längden ungefär som 3: 5. Genom en från spetsen till basen gående skarpt markerad linje delas fjället i ett främre smalare parti och ett något bredare bakre. Fjällens öfre och undre sida te sig något olika; vi skola derför i det följande, med ledning af ett ett par samhöriga aftryck, beskrifva hvardera sidan för sig. *Öfre sidans aftryck* (se tafl. II, fig. 12a) visar ett bakre svagt konvext och ett konkavt främre parti. Öfvergången mellan båda sker helt tvärt genom en nästan vertikal vägg. Å det främre partiet afskiljas genom en från fjällets spets mot basen gående (knappast annorlunda än genom en brytning i skalytans plan markerad) linje ett inre fält något litet smalare än partiets öfriga del. Fjällets yta visar talrika koncentriska (med basen parallella) veck eller tillväxtzoner, ungefär af samma natur som de å *Lepi-*

docoleus-fjällen förekommande, hvilka vi ofvan beskrifvit. Å det främre partiet äro de tydligt s-formigt böjda, å det bakre deremot löpa de i en vid, alldeles jemn båge, som omärkligt förenar sig med ytterrandens kontur. Å vecken märkes en ytterst fin koncentrisk striering. *Undre sidans aftryck* (se tafl. II, fig. 12 b och 14) visar ett bakre konkavt parti, något bredare än det främre partiet, som i sin yttre del är svagt konvext. Båda partien förenas i en kraftig köl, hvars mot främre partiet vettande sida sluttar betydligt brantare än den motsatta. Äfven här äro de koncentriska vecken mycket tydliga, men de äro dock å kölen märkbart svagare markerade. De **aftryck** som ofvan beskrifvits visa sålunda, att de drakformiga fjällen sjelfva å sin öfre (yttre) sida haft en grund ränna, blott åt ena hållet skarpt afgränsad genom en i öfrigt svagt markerad köl, medan undre (inre) sidan haft en kraftigare, men likaledes något snedt inskuren, v-formig ränna. Tafl. II visar i fig. 13 ett med ledning af aftrycken konstrueradt tvärsnitt.

De drakformiga fjällen likna ej obetydligt motsvarande fjäll hos *Plumulites Peachi* och *P. scoticus*, men skilja sig redan vid första ögonkastet tydligt från dem derigenom, att de koncentriska vecken äro tydligt s-formigt svängda, medan samma veck hos de brittiska arterna, efter hvad afbildningarne ge vid handen, gå fullkomligt rätlinigt öfver fjällens midtparti. Det vill ock synas som skulle rännan å fjällens öfre sida hos de nämnda utländska arterna vara åt båda sidor skarpt begränsad och ej sned.

Midtfjäll eller mediana fjäll. Tillsammans med fjäll af ofvan beskrifna typ ha äfven anträffats ett par mera bredt triangulära, hvilka väl få räknas som hithörande medianfjäll (se tafl. II, fig 16 och 17). Äfven dessa skilja sig ganska betydligt från dem som tillkomma nyssnämnda brittiska arter. Fjällen ifråga ha en apicalvinkel af c:a 80°, deras i midten starkt inåtbugtade bas öfvergår med vid båge i sidoränderna; öfre sidan visar ett från apex utgående, mot basen sig starkt vidgande, åt båda sidor rätlinigt begränsadt, något fördjupadt fält, som upptar litet mindre än 1/3 af fjället. Ytan täckes af koncentriska veck, som i midtfältet äro åtskilligt finare, mera sammanträngda. Å det i fig. 17 afbildade fjället, som förmodas visa undersidan, äro vecken mycket fina äfven å det ena (inre) randliggande fältet.

Kägelformiga fjäll. Endast *ett* fjäll af sådan form att det torde böra hänföras till denna typ har blifvit anträffadt. Det förekom tillsammans med de nyss beskrifna midtfjällen, men är för illa bevaradt att läggas till grund för någon mera ingående beskrifning.

Plumulites dalecarlicus har anträffats i den svarta trinucleusskiffern vid Wikarbyn, här tillsammans med *Lepidocoleus suecicus*, samt vid Gulleråsen (Sanden).

Då Böhmens trinucleusskiffer i många hänseenden visar synnerligen stora analogier eller rent af direkt öfverensstämmelse med Sveriges, kunde man måhända vänta motsvarigheter äfven ifråga om cirripedfaunan. Någon gemensam art har dock ej kunnat påvisas. Största likheten med här beskrifna art finner man hos *Pl. compar* Barr., som dock synes tydligt skild, särskildt genom de koncentriska veckens ytterst svaga markering å de drakformiga fjällens främre parti.

Plumulites Törnquisti n. sp.

Tafl. II, fig. 19 och 20.

Det är endast med stor tvekan jag uppställer denna art, för hvilken ej föreligger annat material än de båda i ofvan angifna figurer afbildade aftryck, hvilka förekomma å en stuff af svart trinucleusskiffer, träffad bland det af Professor S. L. Törnquist vid Wikarbyn insamlade materialet.

Det drakformiga fjället skiljer sig från motsvarande hos *Pl. dalecarlicus*, med hvilken art annars största öfverensstämmelsen är till finnandes, såväl genom mera spetsig form, något som dock skulle kunna tänkas bero på att här förelåge ett mera terminalt sittande fjäll, som genom de betydligt mera svängda koncentriska vecken. Å främre partiet t. ex. bilda här de båda temligen likstora (yttre och inre) hälfterna af ett veck sinsemellan nästan rät vinkel. Om det i fig. 20 afbildade fjället verkligen, så som jag gjort, räknas som ett medianfjäll, äro afvikelserna här ännu större. Fjället ifråga delas nämligen genom ett skarpt markeradt längdveck i ett smalare parti, med glesa starkt nedåt konvexa koncentriska veck, som vid längdvecket, der de starkt sammanträngts, böja tvärt af för att till en början löpa helt glesa och föga svängda, men derpå i en rundad båge böja rätvinkligt om och, tätt sammanträngda, bli parallella med ytterranden (af det bredare partiet).

Plumulites? sp.

Tafl. II, fig. 21.

Från öfversta delen af colonusskiffern i Röddinge lerberg i Fyledalen[1] föreligger ett spetsigt triangulärt fjäll af egenartad habitus. Genom svaga radierande veck uppdeladt i 4 något olika hvälfda partier och försedt med en ytterst fin koncentrisk striering, skiljer det sig väl från öfriga kända former. Det saknar den markerade ränna som träffas hos *Plumulites*-arter, men har ej heller den längsgående köl, som karaktäriserar de laterala fjällen hos *Turrilepas*. Bestämda hållpunkter för släktbestämning saknas sålunda. — Såsom den enda hittills kända cirripeden från vår colonusskiffer torde fossilet i fråga dock förtjena beaktande.

Turrilepas? sp.

Tafl. II, fig. 22.

Från leptænakalken vid Gulleråsen föreligger likaledes ett enstaka cirripedfjäll, som ej kunnat sammanställas med någon förut känd form. Triangulärt, med spetsvinklig apex, raka sidoränder och baskonturen i midten något insvängd, är fjället nästan alldeles plant. Ehuru sålunda den för de större fjällen hos *Turrilepas* känne-

[1] Jfr s 7 i J. C. Moberg och S. L. Törnquist: Retioloidea från Skånes colonusskiffer. Sver. Geol. Unders. Ser. C, N:r 213 [Årsbok 2 (1908)].

tecknande midtkölen saknas, har jag dock förslagsvis ansett mig kunna föra fjället i fråga till nämnda släkte, detta på grund af den ganska karaktäristiska unduleringen hos de fina koncentriska tillväxtstrimmor, som täcka skalets yta. Äfven i detta fall har fossilet ifråga sitt största intresse som enda kända representanten för cirripederna inom denna delen af vår siluriska lagerserie.

Turrilepas Wrightiana L. de Koninck sp.

Tafl. II, fig. 23.

Bland det material, jag till låns erhållit från Sver. Geol. Unders., funnos äfven några cirripeder från Gotland, af hvilka det här afbildade fjället, som anträffats vid Östergarn, enligt den vidliggande etiketten af professor G. Lindström blifvit bestämdt till »*T. Wrightii* de Koninck», en identifiering, mot hvilken, för så vidt jag kan finna, ej är något att i sak invända. Fjället, som är bredt triangulärt och radiellt veckadt, är försedt med koncentriska fåror af samma art, som hos de förut här beskrifna *Lepidocoleus*-fjällen. Denna ornering torde i viss mån ha föranledt en förvexling mellan arter af det ena och det andra af de nämnda släktena, i det att vissa fragment af *Turrilepas*-fjällen kunna bli nästan förvillande lika sådana *Lepidocoleus*-fjäll, å hvilka dorsala partiet ej kommer till synes.

Af de radierande vecken, som äfven angifna ändringar i förloppet af den koncentriska strieringen, är det mellersta kraftigast utveckladt; apicalt bildande en smal köl, vidgas det mot basala randen, hvarvid kölen öfvergår till en snedt tillplattad eller till och med något konkav rygg. Å detta submediana veck löpa de koncentriska fårorna eller tillväxtlinjerna i en mot apex konvex båge. Längs vecket ifråga är kortaste afståndet mellan apex och undre randen. Från nämnda veck räknadt, sträcker sig undre randen åt ena (högra) sidan nästan vågrätt eller ytterst svagt s-formigt böjd. Åt andra sidan deremot böjer den till en början nedåt, för att derefter i en jemn, vid båge gå upp till sidoranden. Nära det ställe der sistnämnda omböjning sker, nås undre randen åter af ett ganska väl markeradt radiellt veck. Tillväxtlinjerna stå nästan vertikalt mot de raka sidoränderna, som i apex bilda en vinkel af c:a 95°. Fjällets å ömse sidor om midtvecket liggande delar omsluta en vinkel af ungefär 112°.

Aurivillius anför (l. c.) *Turrilepas* från en mängd lokaler å Gotland, nämligen Östergarn, kanalen vid Herrevik, Wisby, Petes kanal, Hamra och Fårösund. Huruvida alla dessa fynd tillhöra här ifrågavarande art, är naturligtvis mig omöjligt afgöra, äfven om det synes ej osannolikt att så är fallet.

Tillsammans med *Lepidocoleus suecicus* anträffades i den svarta trinucleus-skiffern vid Ullnäs de i nedanstående textfigurer afbildade fossilen, hvilka af åtskilligt att döma torde tillhöra en och samma art. Så vidt jag förstår äro dessa fossil plåtar tillhöriga en cystidé.



Figur 1.



Figur 2.

Textfiguren 1 visar en porbärande plåt, textfiguren 2 en annan plåt af vanlig beskaffenhet. Då ej större material föreligger, har jag ansett det här vara nog att lemna afbildningar af föremålen, afbildningar, hvilka utan vidare beskrifning torde vara tillräckliga att gifva en föreställning om fossilen ifråga. Då mig veterligt inga cystidéer hittills äro kända från vår trinucleusskiffer, medan dylika af mycket vexlande art deremot äro synnerligen vanliga inom t. ex. Böhmens motsvarande lager, har jag ansett mig här böra erinra om dessa fossil, detta så mycket hellre som det ingalunda får anses uteslutet, att ej plåtar af i textfigur 1 angiven art vid hastigt påseende skulle kunna förvexlas med fragment af *Lepidocoleus*. Båda figurerna äro 3 ggr förstorade.

(Trycknigen afslutad den 7 juli 1914.)

Tafl. I.

Förklaring till tafl. I.

Fig. 1 a—d. *Lepidocoleus Sarlei* CLARKE.
a och *b* från båda lateralsidorna, *c* från ventralranden och *d* från dorsalsidan. Obetydligt förminskade kopior efter CLARKE l. a. c. — CLARKE anger skalan 2.3.

Fig. 2. *Lepidocoleus Jamesi* HALL et WHITFIELD sp. Kopia efter CLARKE l. a. c. Skala 2.3.

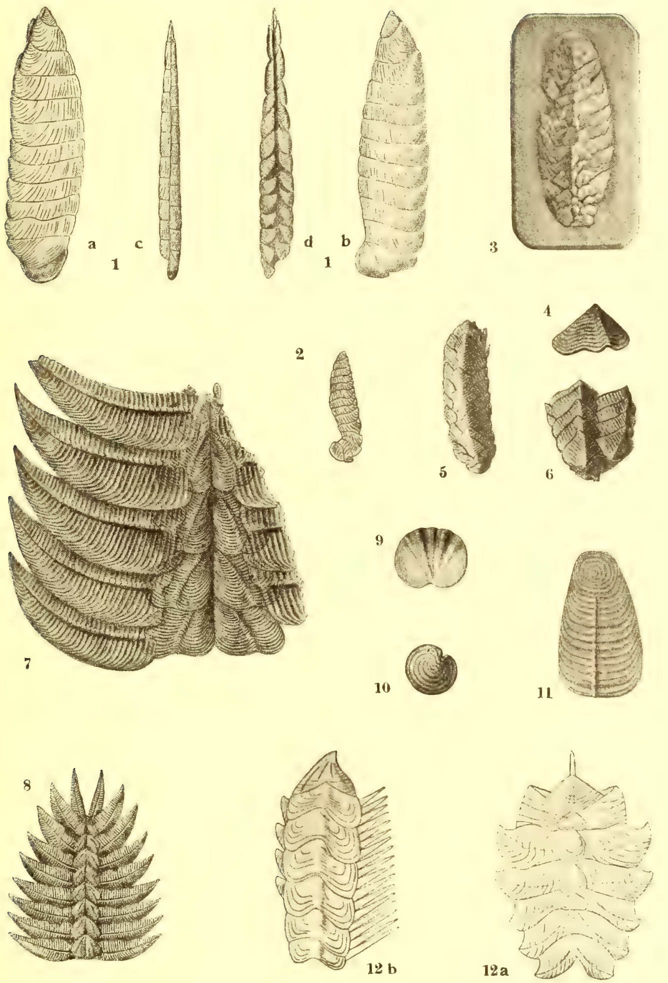
Fig. 3. *Plumulites folliculum* BARRANDE. Kopia efter BARRANDE l. a. c., Vol. I Suppl. Pl. 20, fig. 15.

Fig. 4—6. *Turrilepas Wrightiana* L. DE KONINCK sp. Obetydligt förminskade kopior efter WOODWARD l. a. c.
Fig. 4. Isoleradt lateralfjäll, förstoradt.
Fig. 5. Helt exemplar 1/1.
Fig. 6. Basaldel 1/1.

Fig. 7—9. *Plumulites Peachi* ETHERIDGE Junior et NICHOLSON sp.
Något förminskade kopior efter COWPER REED l. a. c.
Fig. 7. Helt exemplar, sedt från inre sidan. Omkr. 4/1.
Fig. 8. Helt exemplar, sedt från yttre sidan. Något restaureradt. Omkr. 3/1.
Fig. 9. Terminalfjäll. Omkr. 2,5 ggr förstoradt.

Fig. 10 och 11. *Plumulites scoticus* ETHERIDGE Junior sp.
Något förminskade kopior efter COWPER REED l. a. c.
Fig. 10. Terminalfjäll. Omkr. 6/1.
Fig. 11. Kägelformigt fjäll (»cancellated plate»). Omkr. 5/1.

Fig. 12, a och b. *Strobilepis spiniger* CLARKE. Kopior efter CLARKE l. a. c.
a från dorsalsidan, *b* från sidan. Svag förstoring. Figurerna äro restaurerade.



Emy Klein delin.

Håkan Ohlssons boktr., Lund.

Tafl. II.

Förklaring till tafl. II.

Originalet till fig. 23 tillhör Sver. Geol. Unders.; alla öfriga tillhöra Lunds Universitets Geolog.-min. Institution.

Fig. 1—11. *Lepidocoleus suecicus* n. sp. Svart trinucleusskiffer från Ullnäs.

Å dessa figurer har vid teckningen belysningen kommit *från höger*.

Fig. 1. Fullständigaste anträffade exemplaret. *a* och *b* de båda lateralsidorna, *c* dorsalsidan. $^3/_1$.

Fig. 2 och 3. Fjäll af normal typ sedda från yttersidan; endast laterala partiet är synligt. $^4/_1$.

Fig. 4 och 5. Fjäll med konvergerande sidoränder. Yttersidan; endast lateralpartiet synligt. $^4/_1$.

Fig. 6 och 7. Fjäll sedda utifrån. På grund af bristningar i skalet ligga lateral- och dorsalpartien i nästan samma plan. Fig. 6 $^4/_1$, fig. 7 $^5/_1$.

Fig. 8 och 9. Aftryck af innersidans laterala parti å ett höger- och ett vensterskal. $^3/_1$.

Fig. 10. Aftryck af innersidan till ett triangulärt fjäll. Kan möjligen vara læderadt. $^3/_1$.

Fig. 11. Yttersidan af ett triangulärt fjäll. Möjligen ett ungt, ej utvuxet fjäll. $^5/_1$.

Fig. 12—18. *Plumulites dalecarlicus* n. sp. Svart trinucleusskiffer. $^5/_1$.

Fig. 12. Drakformigt fjäll. *a* Aftryck af yttre, *b* aftryck af inre sidan. Under hvarje bild, tillhörande tvärprofil. Wikarbyn i Dalarne.

Fig. 13. Tvärsnitt af ett drakformigt fjäll; bilden konstruerad med ledning af tvärprofilerna till fig. 12.

Fig. 14. Aftryck af undersidan till ett drakformigt fjäll. Å samma stuff som det i fig. 12 afbildade.

Fig. 15. Drakformigt fjäll sedt från yttre sidan. Gulleråsen (Sanden) i Dalarne.

Fig. 16 och 17. Två midtfjäll visande resp. yttre och inre sidan. Under hvarje bild den motsvarande tvärprofilen. Gulleråsen (Sanden); tillsammans med föregående.

Fig. 18. Kägelformigt fjäll. Illa bevaradt. Å samma stuff som föregående Gulleråsen (Sanden).

Fig. 19 och 20. *Plumulites Törnquisti* n. sp. Svart trinucleusskiffer. Wikarbyn. $^5/_1$.

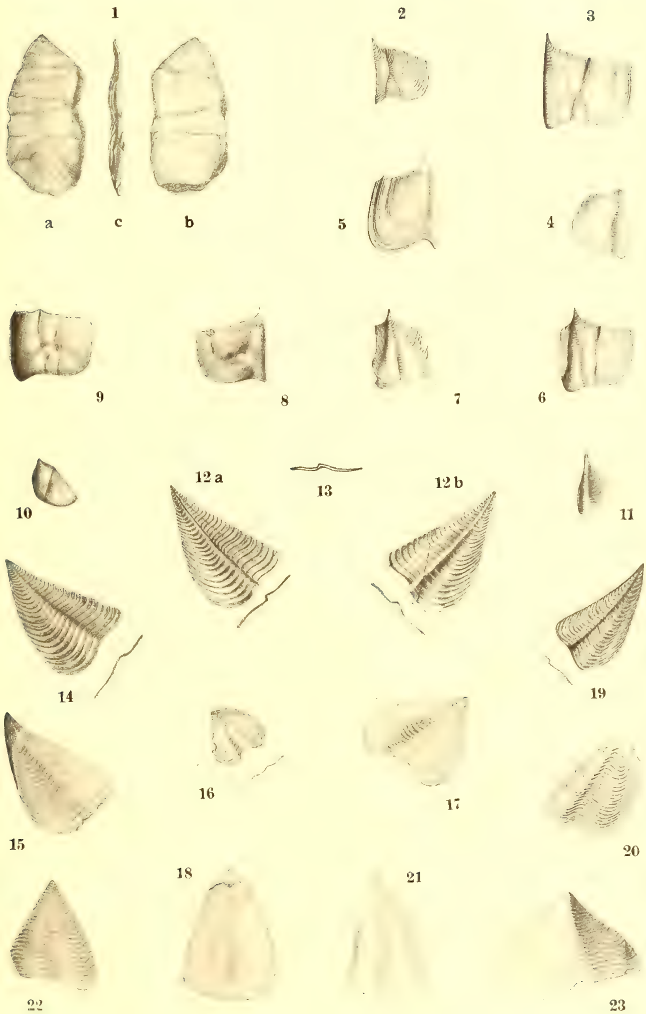
Fig. 19. Drakformigt fjäll. Aftryck af yttersidan. Derunder tvärprofil.

Fig. 20. Midtfjäll?

Fig. 21. *Plumulites?* sp. Ett isoleradt fjäll från colonusskiffern vid Röddinge i Skåne. $^5/_1$.

Fig. 22. *Turrilepas?* sp. Isoleradt fjäll från leptænakalken vid Gulleråsen. $^5/_1$.

Fig. 23. *Turrilepas Wrightiana* L. de Koninck sp. Lateralfjäll. Östergarn å Gotland. $^3/_1$.



Emy Klein del.

Ljustr. A. B. Lagrelius & Westphal, Stockholm

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 11. Nr 2.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR N. F. Bd 26. Nr 2.

KLORHYDRINERNAS ALKALISKA SÖNDERDELNING

AF

L. SMITH

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Föredragen i K. Fysiografiska Sällskapet den 14 oktober 1914.

LUND 1914
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

Föreliggande arbete påbörjades i slutet af år 1911, då förf. å härvarande med. kem. institution i anslutning till Docent B. Holmbergs undersökningar öfver »Kationkatalys» tog upp studiet af reaktionen mellan alkali och klorhydriner. Som resultat framgick ett i Zeitschr. f. physik. Chemie (**81**, 339—376) offentliggjordt meddelande, hvari visades, att »Kationkatalys» vid denna reaktion endast förekom vid föreningar med fri karboxylgrupp.

Emellertid kunde undersökningen af klorhydrinernas alkaliska sönderdelning härmed ej anses slutbehandlad. Å ena sidan hade nämligen antalet undersökta klorhydrinsyror inskränkts till trenne, och en mera systematisk bearbetning af detta gebit syntes önskvärd, å andra sidan företedde de neutrala klorhydrinernas reaktion med alkali vissa afvikelser från det bimolekylära schemat, hvilka möjligen vore af teoretiskt intresse. Undersökningen togs således åter upp sommaren 1913 med de riktlinjer, som af det sagda framgå. Jämte oförutsedda hinder vid det preparativa arbetet bär väl denna dubbelhet i uppgiften skulden till, att de kationkatalytiska fenomenen ej blifvit bearbetade i så många fall, som planerats, men frågan om reaktionsmekanismen vid de neutrala klorhydrinerna kunde i ett arbete som detta ej ha fått kvarstå i det skick af ofullständig utredning, hvari den i nämnda meddelande hade lämnats. Det har då också fallit sig naturligt att publicera resultatet af denna undersökning tillhopa med det material, som hopbragts rörande »Kationkatalys».

Jag ber här att till Professor Lovén få framföra mitt tack för hela den tid, jag haft förmånen att åtnjuta hans undervisning, och skall då särskildt betona den vänlighet och det personliga tillmötesgående, han alltid visat mig, samt det intresse, han ådagalagt för mitt nu afslutade arbete, ett intresse, som tagit sig uttryck både i råd och dåd.

Docenten B. Holmberg, förste upphofsman till detta arbete, på en gång lärare och vän, vill jag härmed betyga min stora tacksamhet.

Tacksamt erinrar sig också förf. de många råd och anvisningar, som från Laborator L. Ramberg's sida kommit honom till del.

I. Inledning.

Vid en kinetisk undersökning af reaktionen mellan salter af racemdibrombärnstenssyra och alkali, en reaktion, som i öfverensstämmelse med den elektrolytiska dissociationsteorien formuleras:

$$\overline{OCO} . CHBr . CHBr . \overline{COO} + \overline{OH} = \overline{OCO} . CH : CBr . \overline{COO} + \overline{Br} + H_2O,$$

fann B. Holmberg [1] mellan reaktionshastigheten och de vid reaktionen närvarande metalljonerna ett samband, som, för så vidt ofvanstående formel rätt återger reaktionsförloppet, ej var att vänta. Både metalljonernas natur och koncentration voro härvid af betydelse, och Holmberg kunde uttrycka deras inflytande på den bimolekylära hastighetskoefficienten (C) med följande empiriska formel:

$$C = C_M . [M^{\cdot}]^d.$$

Här är $[M^{\cdot}]$ metalljonkoncentrationen, C_M och d äro konstanter. Den förra var för hvarje metall en karaktäristisk storhet (störst för Ca och minst för Na), medan den senare befanns vara $^1/_3$ för de undersökta baserna: kalk, baryt, kali och natron. Neutralsalters verkan var blott beroende af metalljonkoncentrationen — på angifvet sätt. Liknande förhållanden voro (enligt samma arbete) rådande vid racemdiklorbärnstenssyrans alkaliska sönderdelning.

Från den elektrolytiska dissociationsteoriens ståndpunkt tedde sig detta metalljonernas inflytande vid första påseendet svårförklarligt. Vid ifrågakommande koncentrationer plägar man anse både baser och salter för i det allra närmaste fullständigt dissocierade och var sedan länge van att i vattenlösning anse blott hydroxyljonen som bärare af de specifika alkaliska egenskaperna. Vidare hade genom undersökningar af L. Th. Reicher [2], W. Ostwald [3], S. Bugarszky [4] öfver estersaponifikation och af P. Henry [5] öfver förtvålning af valerolakton med olika baser fastställts, att förtvålningshastigheten var densamma för alla baser och alltså äfven den en verkan

---

[1] »Über Kationkatalyse Mitteilung I», Zeitschr. physik. Chem. **79**, 147 (1912).

[2] Lieb. Annal. **228**, 257 (1885).

[3] J. prakt. Chem. [2] **35**, 112 (1887).

[4] Zeitschr. physik. Chem. **8**, 398 (1891).

[5] D:o **10**, 96 (1892).

af hydroxyljonen. Förhållandena vid dihalogenbärnstenssyrornas alkaliska sönderdelning voro således af ett teoretiskt intresse, som gaf fullt berättigande åt de arbeten öfver »Kationkatalys», som blefvo en följd af nämnda första arbete och för hvilka i det följande kort skall redogöras. Hufvudvikten lägges härvid på det för ifrågavarande arbete mest betydelsefulla.

Formellt kunde basernas stegrade effekt vid ökad metalljonkoncentration uppfattas som ett rent katalytiskt fenomen. Jag anför ur inledningen till ofvan citerade skrift Holmbergs eget yttrande härom: »Hier liegt also ein Fall von Katalyse vor, welcher sich entschieden von der Wasserstoffionkatalyse entscheidet, denn bei dieser Art Katalyse sind ja gewöhnlich die Geschwindigkeitskonstanten der Konzentration des Wasserstoffions direkt proportional. Auch von der »Neutralsalzwirkung» unterscheidet sich das neue Phänomen erheblich, indem Anionen praktisch ohne Einfluss sind, und auch weil die Abhängigkeit der Geschwindigkeitskonstante ganz andern Gesetzen folgt, als bei der meist kleinen Einwirkung von Neutralsalzen auf die Geschwindigkeiten chemischer Reaktionen der Fall ist». Samtidigt säger författaren [1] sig ej vilja ingå på några teoretiska spekulationer öfver fenomenet, innan försök, som igångsatts i hans laboratorium och som ådagalagt, att liknande fenomen uppträda vid många andra halogensubstituerade syror, blifvit någorlunda afslutade. Det vill alltså synas [2], som om författaren här blott på formella grunder och af praktikabilitetsskäl tillsvidare påsatte företeelsen den katalytiska etiketten.

De nyss omtalta försöken — utom Holmbergs egna dels Hj. Johanssons undersökningar af: »Reaktionsgeschwindigkeiten bei Einwirkung verschiedener Basen auf halogensubstituierte Säuren» [3] (Mitteil. I), dels mina egna öfver: »Die alkalische Zersetzung der Chlorhydrine» [4], — ställdes i hvarje fall på rent empirisk grundval. Det gällde att å ena sidan fastställa, i hvilka fall katalysen uppträdde, å andra sidan att studera den uppställda empiriska funktionens giltighet och räckvidd.

Medan i de förra af de nämnda arbetena de undersökta reaktionerna voro halogensubstituerade syrors öfverföring i omättade syror och oxisyror, representerade alkaliernas inverkan på klorhydriner en tredje reaktionstyp, bildning af inre etrar under ringslutning enligt formeln:

$$\begin{matrix} R_1 . OH \\ | \\ R_2 . Cl \end{matrix} + \overline{OH} = \begin{matrix} R_1 \\ | \\ R_2 \end{matrix}\!\!>\!O + \overline{Cl} + H_2O.$$

Gemensamt med föregående reaktioner var åter, att här under inverkan af alkalit en halogenatom utträdde ur molekylen och öfvergick i jontillståndet. Då föregående undersökningar öfver »Kationkatalys» endast hade omfattat syror, låg nu den frågan nära till hands: Försvinner katalysfenomenet samtidigt med, att molekylen beröfvas sin karboxylgrupp, eller är i något fall vid inverkan af alkalier på

[1] Zeitschr. physik. Chem. **79**, 167 (1912).
[2] Se ock samme förf. Zeitschr. physik. Chem. **84**, 470 (1913).
[3] Zeitschr. physik. Chem. **79**, 621 (1912).
[4] Dito: **81**, 339—376 (1912).

en indifferent substans effekten beroende af dessas natur? Vid estersaponifikationen var ju visserligen fastställdt, att alla baser hade samma effekt (se ofvan sid. 5), men man fick ju därför ej utan vidare draga den slutsatsen, att samma förhållanden voro rådande vid reaktioner af ofvan nämnda slag. I hvarje fall var ett experimentellt bevis härför nödvändigt. Det kunde också tänkas, att neutrala föreningar allt efter sin konstitution företedde olikheter i sin alkaliska sönderdelning.

Vid klorhydrinerna, af hvilka ett stort antal voro kända med tillräcklig vattenlöslighet för ifrågavarande ändamål, kunde en undersökning angående dessa spörsmål lämpligen företagas.

Större delen af det experimentella material, som publicerades i »Die alkalische Zersetzung der Chlorhydrine», är här nedan återgifvet, följaktligen också de allmänna resultat, till hvilka undersökningen ledde. Emellertid vill jag här ur inledningen till sagda skrift separat anföra följande uttalande, hvilket kanske kan underlätta förståelsen af föreliggande arbetes tillkomst i dess nuvarande skick.

»Ich teile hier die bisher gewonnenen Resultate mit, bemerkend, dass der erste Teil dieser Arbeit, die Zersetzung der neutralen Chlorhydrine, hier etwas summarisch behandelt ist, was seinen Grund in der Natur der anfänglich aufgestellten Aufgabe der Untersuchung hat. Es galt nähmlich teils zu konstatieren, bei welchen von diesen Verbindungen Phänomene von der erwähnten Art auftreten, teils wenn möglich die gegebene »Katalysegleichung» auf ihre Gültigkeit zu prüfen. Die bei den erstgenannten Chlorhydrinen auftretenden Eigentümlichkeiten fielen aber ganz ausser dem Bereiche dieser Aufgabe, sind aber an sich einer eingehendern Untersuchung wohl wert.

Betreffs des Resultats dieser Untersuchung lässt sich im allgemeinen folgendes sagen: Es besteht ein scharfer Unterschied im Verhalten der neutralen und der sauren Chlorhydrine gegen Alkalien. Bei jenen übt die Verschiedenheit der Akalien keine besondere Wirkung aus, und Neutralsalzen, wenn in nicht zu grossen Mengen zugesetzt, sind von keinem oder nur geringem Einfluss, also Verhältnisse, die an die Hydrolyse der neutralen Ester nach L. Reicher und andern Forschern erinnern. Dagegen scheint hier — wie unten näher erörtert verden soll — der Verlauf der Reaktion nicht nach dem geforderten bimolekularen Schema vor sich zu gehen. Bei den Chlorhydrinen, welche gleichzeitig Säuren sind, tritt die Metallionkatalyse dagegen zutage, und zwar bei konstitutiv verschiedenen Säuren in sehr verschiedenem Grade. *Die Abhängigkeit der Geschwindigkeitskonstanten von der Natur der anwesenden Metallions scheint bei zweibasischen Säuren noch ausgeprägter zu sein als bei einbasischen, und sie ist auch mehr hervortretend bei einer Säure mit dem Halogen in β- Stellung als bei einer solchen, wo das Chloratom sich i α- Stellung befindet.*

Der scharf ausgeprägte Unterschied, welcher hier hervortritt, einerseits wenn ein elektrisch neutrales Molekül und anderseits, wenn ein negativ geladenes Ion mit dem Hydroxyl reagiert, erinnert an gleichartige Verhältnisse, die Jul. Meyer (Zeitschr, phys. Chemie **67**, 257 (1909)) bei der Hydrolyse von Estern zweibasischer Säuren gefunden hat. Gemäss einer von ihm aufgestellten Theorie, nach welcher

die Reaktion durch Zusammenstösse zwischen den Estergruppen selbst und den Wasserstoffionen bei saurer, den Hydroxylionen bei alkalischer Verseifung eingeleitet wird, war es zu erwarten, dass das Verhältniss $k_1 : k_2$ (die Geschwindigkeitskonstanten für den Austritt der ersten, bezw. der zweiten Estergruppe) gleich 2 : 1 sein sollte. Vährend dies auch in den Versuchen über saure Verseifung der Fall war, fand er bei der alkalischen, z. B. bei den Malonsäureestern, $k_1 : k_2$ gleich 100 : 1. Ich führe hier eine von ihm in diesem Zusammenhange gemachte Erwägung an, die auch hier Anwendung finden kann: »Ob und wo auch immer im Halbestermolekül die elektrische Ladung lokalisiert ist, auf jeden Fall wird sich um das Molekül ein elektrisches Feld herstellen, welches auf die katalysierenden Ionen einwirkt. Das elektrische Feld des Estersäureanions sucht andere Anionen abzustossen und abzulenken, Kationen aber anzuziehen.» Die in meinen Versuchen nur bei Säuren auftretende Kationkatalyse bildet eine gute Illustration zu diesen Worten. Man sollte demnach allerdings erwarten, dass eine derartige Metallionkatalyse auch bei sauren Estern auftreten sollte, was jedoch nicht der Fall zu sein scheint, in dem Meyer für k_2 bei verschiedenen Konzentrationen denselben Wert fand (vgl. jedoch weiter unten)». [1] (De sista orden åsyfta därpå, att i vissa fall hastighetskonstantens variationer med koncentrationen af *en och samma bas* äro nästan omärkliga, medan samtidigt *olika baser* visa betydande olikheter i sin verkan. Se nedan vid klor-äpplesyra!)

De undersökningar öfver inverkan af olika alkalier på halogensubstituerade syrors salter, som vidare föreligga, äro: »Über Kationkatalyse», Mitteilung II [2] och III [3], samt »Verseifung von l-Acetyläpfelsäure» [4] af B. Holmberg; vidare »Reaktionsgeschw. bei Einwirk. usw.», Mitteilung II [5], af Hj. Johansson. Här må också nämnas G. Senter's och F. Bulle's [6] undersökningar öfver alkalisk hydrolys af bromacetater samt S. Krapiwins [7] arbeten öfver omsättningen mellan klor- och bromacetater och tiosulfat, hvilka senare skilja sig från alla föregående därigenom, att här hydroxyljonen utbytts mot tiosulfatanionen. Beträffande vidare litteratur (t. ex. omsättningar i andra lösningsmedel än vatten) se t. ex. B. Holmberg Zeitschr. physik. Chem. **84**, sid. 464 och följ.!

De i det föregående nämnda arbetena öfver kationkatalys i alkalisk lösning (Senters ej upptaget) innehålla tillsamman undersökningar på 15 syror, fördelade på fem olika typer. För att bättre kunna skärskåda resultaten har jag här gjort en sammanställning af syrorna, exponenterna d (i exponentialformeln) för baryt (d_1) och natron (d_2) samt slutligen af förhållandet (f) mellan reaktionshastigheterna vid inverkan af baryt och natron. Förhållandet har, om exponenten d är lika för båda

[1] L. c. sid. 339—41 och anm. sid. 341.

[2] Zeitschr. physik. Chem. **80**, 573 (1912).

[3] » » » **84**, 451 (1913).

[4] Berichte **45**, 2997 (1912).

[5] Zeitschr. physik. Chem. **81**, 573 (1913).

[6] Journ. of Chem. Soc. **101**, 2528 (1912).

[7] Centr.bl. 1913 I 603 och 1584.

baserna, satts $= C_{ba} : C_{Na}$, eljest har räknats med de funna hastigheterna i ungefär 0,01-molar lösning.

TABELL 1.

Syra	Autor	d_1	d_2	f
Rac. dibrombärnstenssyra	B. Holmberg	1/3	1/3	3
» diklor- »	»	1/3	1/3	4
Mesodibrom- »	Hj. Johansson	—	—	c:a 10
» -diklor- »	»	1/2	1/3	» 6
α-β-dibrompropionsyra	B. Holmberg	1/8	1/8	1 1/2
» » -smörsyra	»	1/8	1/8	1 1/2
Acetyläpplesyra	»	1/3 [1]	1/3	4
» -glykolsyra	»	1/7	1/7	1 1/2
Brombärnstenssyra	Hj. Johansson	1/3	1/3	2
Klorättiksyra	»	mycket	små	1 1/2
Brom- »	»	»	»	1 1/2
Kloräpplesyra	L. Smith	1/3	1/4	3
β-Klormjölksyra	»	1/4	1/7	1 1/2
α-Klor-β-fenyloxipropionsyra	»	mycket	små	1 1/2

Försöker man nu att med tillhjälp af denna tabell få fram lagbundenheter, eventuellt något samband mellan de kationkatalytiska fenomenen och syrornas konstitutiva och konfigurativa egenskaper, hvilket — åtminstone kvalitativt — skulle möjliggöra förutsägelser om den relativa storhetsordningen af de olika konstanterna i exponentialformeln, nödgas man erkänna, att inte mycket är att hämta. (Konstanterna C_M äro förstås alltid störst för kalk och minst för de envärda baserna).

Inflytandet af karboxylgruppen ger sig tillkänna däri, att de tvåbasiska syrorna intaga en särställning (jfr ofvan sid. 7, där detta förhållande redan anmärkts): $f \geq 3$ (und. brombärnstenssyra) och $d \lesseqgtr 1/3$ (und. d_2 vid kloräpplesyra). Det konfigurativa inflytandet framgår kanske bäst af en jämförelse mellan de båda paren dihalogenbärnstenssyror: Racemformerna å ena sidan, meso- å den andra (jfr Holmberg[2]: olikheten mella α-β-dibrompropionsyran och *rac.* dibrombärnstenssyra återföres till inflytandet af såväl stereokemiska som konstitutiva förhållanden). Hvad de enbasiska syrorna beträffar, visa de, som ju är att vänta, större öfverenstämmelse, ju större likheten i konstitution är: så α-β- dibrompropion- och -smörsyran samt klor- och bromättiksyran å ena sidan med nästan identiska tal, och de båda enbasiska klorhydrinsyrorna å andra med större olikheter i resp. konstanter.

Hvad den *teoretiska* uppfattningen af dessa fenomen beträffar, så har man här stannat vid en förklaring, som ligger nära till hands [3] och förefaller sannolik,

[1] Enl. Holmberg är den empir. formeln (expon.) ej giltig här. (Berichte **45**, 3005 (1912)). I hvarje fall ger den ett approxim. mått på fenomenet.

[2] Zeitschr. physik. Chem. **80**. 574 (1912).

[3] Jfr ofvan sid. 8 citerade yttrande af Jul. Meyer.

äfven om den ännu ej kan i detalj tillämpas. I Mitteilung III af »Kationkatalyse» ansluter sig Holmberg till följande förklaring af katalysen. Den återföres [jfr ock därsammastädes sid. 469 citerade yttranden af G. Bredig och S. Acree] till jonförhållandena i lösningen sålunda: de reagerande jonernas elektriska laddningar göra det plausibelt, att reaktionen mellan joner och odissocierade molekyler (vare sig bas- eller saltmolekyler) och mellan dessa senare inbördes trots deras ringa antal kan göra sig gällande bredvid anionernas reaktion sinsemellan, hvilka genom sina negativa elektr. laddningar ömsesidigt repellera hvarandra och följaktligen komma att reagera relativt långsamt.

Under antagande af massverkningslagens giltighet för saltlösningar härleder Holmberg här med tillhjälp af vissa approximationer en annan formel för kationkatalys af följande utseende:

$$C = P + Q \,.\, [M^{\cdot}]$$ [1],

där P och Q äro konstanter och P tillika — vid samma syra — skall vara oberoende af naturen (och koncentrationen) af närvarande kationer. Denna formel har sålunda fördelen dels af vissa teoretiska förutsättningar, dels af en form, som är bekväm och ofta använd. På grund häraf har jag genomfört beräkningarna af mätningarna enligt denna formel, men samtidigt, och af följande skäl, bibehållit den empiriska exponentialformeln: 1) Den lineära formeln uppfyller ej de teoretiska fordringar, som enligt ofvanstående ställdes på den, i det P ej är oberoende af närvarande kations natur; 2) den återger vid större variationer i koncentrationerna ej hastighetskoefficienterna med samma noggrannhet som den empiriska (se kloräpple- och klormjölksyran, där dylika jämförelser äro gjorda), och 3) är exponentialformeln i så måtto bekvämare, att exponenten d i densamma är ett direkt mått på hastighetskoefficienternas variationer med koncentrationen, medan i den lineära dessa återges genom förhållandet Q : P, alltså en ny storhet [2]. (Att värdet af $^1/d$ ofta kunde uttryckas med ett helt tal (se ofvan uppräknade arbeten öfver »Kationkatalys»), var naturligtvis en tillfällighet. Här ha alla mätningar omräknats och exakta värdet på d bestämts.)

Något bidrag till »Kationkatalysens» teori afser här föreliggande arbete ej att lämna utöfver det, som den grundligare bearbetningen af ett speciellt gebit alltid lämnar för eller mot vedertagna åsikter. De svårigheter, på hvilka hvarje försök till ett mera allvarligt teoretiserande här bjuder, torde vara tillräckligt demonstrerade genom den nämnda lineära formelns bristande öfverensstämmelse med verkligheten.

Trots att benämningen »Kationkatalys» således numera har mindre berättigande, har jag ej ansett mig behöfva frångå detta ofta så bekväma uttryck, som sam-

---

[1] Jfr D. Segaller, som för org. jodiders reaktion i alkohollösning med natriumfenolat uppställt en analog formel: $K = p + q/c$ (c konc.), Journ. of Chem. Soc. **103**, 1154 (1913).

[2] Enligt privat meddelande af B. Holmberg skall den lineära formeln kunna användas äfven om olika metalljoner samtidigt finnas i lösningen. Här förlorar exponentialformeln sin allmänna giltighet (se B. Holmberg: Zeitschr. phys. Chem. **79**, 161 (1912).

manfattar den formella sidan af saken och kanske ej behöfver allt för mycket stöta vår ännu något hypotetiska uppfattning af realförloppet.

Af ofvan sid. 7 anförda är det utan vidare klart, hvarför jag ansett det önskvärdt att ånyo taga upp frågan om de *neutrala* klorhydrinernas reaktion till behandling: afsikten var att söka komma på spåren orsaken till den afvikelse från det bimolekylära schemat, som yttrade sig i koefficienternas fallande under reaktionens gång. Därjämte ville jag se, om ej smärre olikheter i de olika metalljonernas verkan skulle kunna konstateras vid en fortsatt, noggrannare undersökning, olikheter, som jag — se ofvan sid. 7 — ej hade kunnat taga hänsyn till vid en första behandling. Rent praktiskt sedt var för öfrigt en noggrann bestämning af reaktionshastigheten under olika betingelser försvårad därigenom, att inga »konstanter» erhöllos, ur hvilka medelvärdet kunde beräknas.

Då en del af dessa försök med neutrala föreningar utförts under tillsats af neutralsalter, vill jag redan här inledningsvis betona, att jag ingalunda afsett att företaga några studier i »Neutralsaltverkan», utan härmed framför allt sökt utröna, i hvad mån de relativt stora variationer i reaktionskonstanterna, som jag fann vid olika koncentrationer, kunde antagas bero på förändringar i resp. basers dissociation. De tillsatta mängderna af neutralsalter äro ju små, om de jämföras med dem, som eljest användas vid försök öfver »Neutralsaltverkan».

Vid mina fortsatta undersökningar öfver *klorhydrinsyror* har jag inriktat mig på enbasiska syror, hvilkas jonförhållanden i lösning äro minst komplicerade [1] och hvilkas konstitution — genom närvaron af blott *en* karboxylgrupp — erbjuder, så att säga, en större entydighet. Materialet har därför utvidgats med kinetiska studier öfver ytterligare fyra enbasiska syror.

I föreliggande arbete har jag sammanfört innehållet i mitt nämnda meddelande med resultatet af senare undersökningar, hvarvid dock, hvad de neutrala klorhydrinerna angår, en del af de förut publicerade mätningarna af skäl, som nedan anföras, uteslutits och ersatts med nytt material.

Vid en undersökning sådan som denna, omfattande ett tämligen stort material och tangerande å ena sidan ett arbetsområde, som redan delvis är klassiskt — jag syftar på de neutrala klorhydrinernas framställning och isomeriförhållanden —, å andra sidan berörande ett modernt gebit, katalysproblemet, är det ej gärna möjligt att lämna uttömmande litteraturhänvisningar. Jag har måst nöja mig med det viktigaste samt med att hänvisa till af andra författare gjorda sammanställningar af litteratur.

[1] Se t. ex. C. DRUCKER: Das Dissoziationsschema ternärer Elektrolyte, Zeitschr. f. Elektrochem. **19**, 797 (1913).

II. Metodik m. m.

Metodiken, som på några punkter skiljer sig från den vid kinetiska försök vanligen använda, är af HOLMBERG beskrifven i hans första meddelande öfver »Kationkatalyse» [1], och jag anser ej nödvändigt att här *i detalj* återge den.

Föreligger substansen i kristalliseradt tillstånd, kan reaktionen — enligt Holmberg — inledas genom inkastande af ett platinaskepp med densamma i alkalit, eller också, hvilket är *nödvändigt* vid substanser i flytande form, beredes genom afvägning en lösning, som efter att ha pröfvats på sin hållbarhet förvaras i termostaten och af hvilken 10 ccm vid tiden $t = 0$ nedsläppes med en pipett i alkalilösningen. (Vid mina senare undersökningar använde jag härtill en 10-ccms pipett med blott 5 sekunders utloppstid. Det visade sig emellertid, att den — trots den korta utloppstiden — vid direkt utblåsning gaf en noggrannhet af $\pm$ 0,03 ccm, hvilket var tillräckligt för ändamålet.) Reaktionen afbrytes genom surgörning meddelst 2 ccm salpetersyra, som antingen införes enligt Holmbergs metod (I reaktionskärlets kork sitter ett till en liten kolf utblåst mindre profrör; detta stötes sönder, hvarigenom den däri förvarade syran momentant öfverföres i reaktionsblandningen) eller också vid långa försökstider direkt inpipetteras. Hvarje försök för sig titreras därpå tillbaka omedelbart och så snabbt som möjligt (tid från surgörningen till neutralisationens fullbordan 1—2 minuter) med alkali.

Genom detta förfaringssätt — användning av salpetersyra vid surgörandet och omedelbar tillbakatitrering — undviker man i allmänhet praktiskt fullständigt ett fel, som eljest ligger nära. De vid sönderdelning af klorhydrinerna bildade oxiderna — glyciderna — addera syror enligt formeln:

$$\begin{matrix} R_1 \\ | \\ R_2 \end{matrix} \!\!>\! O + HA = \begin{matrix} R_1OH \\ | \\ R_2A. \end{matrix}$$

Vid hvarje substans, som här undersökts — se nedan —, bestämdes emellertid under förhandenvarande betingelser hastigheten af denna reaktion mellan oxiderna och syror, och kunde jag härvid konstatera, att de fel, som härrörde häraf, i intet fall uppnådde ett märkbart belopp, om än reaktionen stundom försiggick med rätt

[1] Zeitschr. physik. Chem. **79**, 150 (1912).

stor hastighet. Salpetersyra vid surgörningen är ur den synpunkten att föredraga framför saltsyra, att den senare, såsom genom särskilda försök fastställdes, reagerar fortast med ifrågavarande oxider [1]. Vid pröfning af dessa oxiders förmåga att addera syror iakttager man, att reaktionen ofta upphör, när blott en ringa del af de reagerande substanserna är förbrukad. Detta får väl tillskrifvas den omständigheten, att glyciderna, som L. Henry [2] har iakttagit, i sur lösning snabbt addera vatten under bildning af glykoler.

W. Evans, som också arbetat med reaktionen mellan alkali och klorhydriner [3], har följande yttrande om sin metodik: »Die einfachste Methode zur Erforschung des Zustandes der Mischung wäre das Zurücktitrieren der noch vorhandenen Kalilauge mit einer verdünnten Säure. Dieses Verfahren lässt sich aber nicht anwenden, da das Oxyd, welches im Laufe der Reaktion gebildet wird, sich sofort mit Säuren unter Esterbildung vereinigt. Es wurden deshalb die zu untersuchenden Proben der Mischung zur bestimmten Zeit mit einem Überschuss von Säure versetzt. Es konnte dann der Überschuss an Säure mit einer verdünnten Natriumkarbonatlösung genau neutralisiert und in der neutralen Lösung die Menge des während der Reaktion gebildeten Kaliumchlorids nach Mohr bestimmt werden» [4].

Får man förstå författaren bokstafligt, betyder ju ofvanstående, att det ena gången ej är möjligt att titrera tillbaka en *alkalisk* lösning med syra, medan man andra gången, utan att esterbildning inträder, kan tillsätta ett *öfverskott* af syra och sedan neutralisera med soda. Troligen är meningen någon annan. Om, såsom ofvan påpekats, klorväte adderas snabbare än andra syror, böra ju alkalimetrisk titrering och titrering enligt Mohr ge resultat, som differera mindre, ju större skillnaden i additonshastighet är. Nedan är föröfrigt på många ställen visadt, att metoderna ge samma reaktionskonstanter.

En felkälla, som äfven den verkar i riktning af med tiden sjunkande reaktionskoefficienter, ligger i inflytandet af den fria luftvolym, som finnes i reaktionskärlet. Vid reaktioner mellan salter och baser spelar den ingen roll. Vid mina första försök med neutrala klorhydriner, hvilka ju äro relativt svårflyktiga, antog jag också stillatigande, att den var att försumma. Att så verkligen är fallet, har jag här nedan i ett par fall visat. Den är, praktiskt åtminstone, betydelselös.

De använda *preparaten* beskrifvas på sina resp. ställen. *Analyserna* äro för de neutrala substansernas vidkommande fullständiga; både kol, väte och klor ha bestämts (med ett par undantag). Vid syrorna har jag ansett det vara tillräckligt med en klor- och en ekvivalentviktsbestämning. Klor har bestämts så, att substansen (om neutral i sluten kolf) värmts med öfverskott af alkali, hvarpå neutralise-

---

[1] Undersökningen af denna reaktions kinetik vore värd ett eget kapitel. Kanske skulle man här vid neutrala oxider träffa på »anionkatalys», medan vid glycidsyror både kationer och anioner kunde katalysera reaktionen. En svårighet ligger emellertid däri, att reaktionen ej är enkel, utan kompliceras af den samtidigt inträdande glykolbildningen.

[2] C. r. **144**, 1404 (1907).

[3] Zeitschr. physik. Chem. **7**, 337 (1891).

[4] L. c. sid. 347.

rats och titrerats enligt Mohr. För kol och väte kommo kända metoder till användning.

Vattnet befriades från kolsyra genom kokning i en Jenakolf och fick svalna i kolsyrefri luft. Det erhållna vattnet var praktiskt taget kolsyrefritt. Lösningarna af kali och natron bereddes af amalgam och från kolsyra och ammoniak fritt vatten. Alla mätkolfvar, pipetter, byretter, pyknometrar etc. voro utvägda. Reaktionskärlen (af Jenaglas) behandlades före hvarje användning med vattenånga och utblåstes efter torkning med kolsyrefri luft.

I tabellerna betyda:

a[1] klorhydrinens begynnelsekonc. i Mol/Liter.

b[1] basens » i gr. ekv/Liter.

x normalitet af bildad klorid (resp. glycidens molaritet).

t[2] tiden i minuter.

T temperaturen (Där ej annat anmärkes = 25°,0).

V Lösningens totalvolym.

[Na˙], [ba˙] o. s. v. koncentrationerna af resp. metalljoner i ekviv./Liter.

C är, om ej annat angifves, den bimol. hastighetskoefficienten enligt formeln:

$$C = \frac{1}{t} \frac{x}{a(a - x)} \text{ eller}$$

$$C = \frac{1}{t(a-b)} \ln \frac{a(b - x)}{b(a - x)}.$$

---

[1] Det kan förtjäna att påpekas, att de här använda koncentrationerna i allm. ej gått öfver molariteten 0,035.

[2] Försök ha ej utförts på kortare tid än *en* minut. Att Evans på så korta tider som t = 1/2 kunnat få vackra resultat, får väl mera betraktas som en lycklig tillfällighet.

III. Neutrala klorhydriner.

1. Inledning.

Som redan nämnts, har de neutrala klorhydrinernas alkaliska sönderdelning redan varit föremål för en undersökning. Utgående från några stereokemiska spekulationer, bestämde W. EVANS reaktionshastigheten mellan 0,01 normalt natron och några klorhydriner af växlande konstitution vid tre olika temperaturer. Några af resultaten skola längre ned diskuteras (se sid. 16). Likaså har G. SENTER [1] vid en undersökning öfver »Neutralsaltverkan» sönderdelat α-monoklorhydrin med natron vid 0°. Han fann, att neutralsalter voro utan inverkan Emellertid får man ej häraf, som längre ned visas, draga den slutsatsen, att olika baser ha samma effekt. Dessutom äro Senters konstanter (tre äro anförda, hvilka sannolikt äro extrapolerade begynnelsekonstanter) sådana, att en noggrannare bestämning af neutralsalters verkan syntes väl berättigad.

Af nedan anförda föreningar har EVANS arbetat med etylénklorhydrin, α-α_1-diklorhydrin och α-β-diklorhydrin, SENTER (som nämndt) med α-monoklorhydrin. För jämförelses skull har jag dessutom gjort några serier med epiklorhydrin, fastän dess reaktion med alkali ej är analog med de föregåendes. Vi ha ju t. ex. för etylénklorhydrin:

$$HOCH_2 . CH_2 Cl + \overline{OH} = \underbrace{CH_2 . CH_2}_{O} + H_2O + \overline{Cl},$$

men för epiklorhydrin:

$$Cl . CH_2 . \underbrace{CH . CH_2}_{O} + \overline{OH} = HO . CH_2 . \underbrace{CH . CH_2}_{O} + \overline{Cl}.$$

Senters uppgift, att af monoklorhydrin och alkali i vattenlösning glycerin *direkt* skulle bildas, har jag ingenstädes sett bekräftad, och man får väl antaga [2], att här som vid öfriga klorhydriner vid vanlig temperatur hufvudsakligen glycidbildning försiggår, medan den direkta ersättningen af klor mot hydroxyl på grund

---

[1] Zeitschr. physik. Chem. **70**, 511 (1910).

[2] Hanriot, »Öfver inverkan af baser på monoklorhydrin». Centralbl. X, 131 (1879).

af den ringa hastigheten är att försumma (jfr t. ex. nedan reaktionskoefficienterna för epiklorhydrin och monoklorhydrin). Reaktionen mellan monoklorhydrin och alkali får därför ej heller, såsom Senter har gjort, användas som en analogi till klorättiksyrans hydrolys med alkali.

Enligt Evans' och mina tidigare mätningar var det karaktäristiskt för de neutrala klorhydrinernas reaktion med alkali (epiklorhydrin undantagen!), att *hastighetskoefficienterna af andra ordningen under reaktionens lopp starkt* (mer eller mindre) *aftogo*. Som en *förklaring för detta förhållande* anför Evans — om vi hålla oss till monoklorhydrinerna — dels sekundära reaktioner mellan de bildade oxiderna och vatten, dels inflytandet af det bildade neutralsaltet. Hvad det senare beträffar är nedan visadt, att neutralsalter ej ha någon större effekt, och betydelsen af den förra reaktionen är det i självfva verket svårt att utan vidare inse. Dessutom skall additionen af vatten [1] förlöpa tämligen långsamt utom vid oxider, där syret sitter i α-ställning till en tertiär kolatom. Af dylika föreningar hade Evans undersökt tvenne, hvilka i sitt förhållande till alkali dock ej afveko från de öfriga.

På dessa grunder antog jag i mitt första meddelande öfver detta ämne [2], att reaktionsmekanismen var en annan än den genom den bimolekylära ekvationen uttryckta och ansåg denna uppfattning så mycket sannolikare, som klorhydrinsyrorna gåfvo vackra bimolekylära konstanter. Härigenom framträdde också — syntes mig — på ett nytt och karaktäristiskt sätt skillnaden mellan de neutrala och sura klorhydrinerna. Följande ekvation, som empiriskt uppställdes för α-*monoklorhydrin,* befanns ganska bra — se tab. 2 nedan — återge reaktionsförloppet:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{K}{a}(a - x)^2 (b - x),$$

eller integrerad [3] (om $a = b$):

$$K = \frac{a}{2} \frac{a^2 - (a-x)^2}{ta^2(a - x)^2}.$$

Matematiskt visas lätt, att K har samma värde som den till tiden $t = 0$ extrapolerade bimolekylära hastighetskoefficienten (C_0'').

Samma ekvation gällde — enligt en af mig utförd räkning på Evans' mätningar — också för några metylsubstituerade etylénklorhydriner, medan vid etylénklorhydrinen själf och α-α_1-glycerindiklorhydrinen ingen öfverensstämmelse erhölls. Men då vid den *första* glycidbildningen gick långsamt, var det möjligt, att en *direkt* glykolbildning (jfr Senters uppfattning) här kunde komplicera förhållandena, och vid *diklorhydrinerna* kunde saken te sig annorlunda än vid monoklorhydrinerna.

Som ett exempel dels på användningen af denna formel, dels på dessa tidigare mätningar själfva [4] anför jag här en originaltabell för monoklorhydrin (Tab. 11

[1] A. Eltekoff. Berichte **16**, 398 (1883).

[2] l. c. sid. 345 och följ.

[3] Om ej a = b, fås formeln l. c. sid. 345.

[4] Som för monoklorhydrin och etylénklorhydrin ej äro anförda här.

sid. 351 l. c.) i något förändrad form och en öfversiktstabell för samma substans (l. c. sid. 352). Den använda substansen var från Kahlbaum och kokade vid 135,5—136,°0 vid 20 mm. Analys å l. c.!

TABELL 2 (Baryt).

a = b = 0,01356. V = 68,60 ccm.

t	x	C''	K
3	0,00353	8,65	10,2
9	0,00640	7,32	10,6
21	0,00859	6,07	11,3
67	0,01056	3,88	10,7
		$C_0'' = 10$	K = 10,7

Värdena på K uppfylla i själfva verket de fordringar, som man kan ställa på en ur en empirisk formel härledd konstant.

TABELL 3 (Öfversiktstabell).

Bas	a	b	C (extrapol.)	K
Baryt	0,0242	= a	8,5	9,9
»	0,0238	= a	10,0	9,7
»	0,0136	= a	10,0	10,7
»	0,0215	0,0127	9,0	9,4
» ($BaCl_2$)	0,00571	= a	9,5	9,7
Natron	0,00747	0,0133	10,0	10,6
»	0,00832	= a	10,0	10,5
			M = 9,6	M = 10,1

Beräknades ur K-värdena tiderna för half omsättning, erhölls öfverallt god öfverensstämmelse med de genom grafisk interpolation funna.

Då jag på nytt tog upp arbetet med de neutrala klorhydrinerna, gjorde jag, för att komplettera undersökningen af glycerinklorhydrinerna, först en kinetisk bestämning på α-β-diklorhydrinen, af hvilken framgick, att den af mig framställda och analyserade substansen hade en sönderdelningshastighet, nära 100 ggr mindre än den af Evans för samma substans funna. Preparaten hade praktiskt samma kokpunkt, men framställningsmetoderna voro olika: det förra var entydigt framställdt ur klor och allylalkohol, det senare af hypoklorit och allylklorid, en metod, som ger tillfälle till bildning af två isomerer. Det var alltså troligt, såvida ej preparatförväxling förelåg, att den af Evans för kinetisk undersökning begagnade substansen hade utgjorts af en blandning af två isomerer: α-α_1-diklorhydrinen med större och α-β-diklorhydrinen med mindre sönderdelningshastighet, ett förhållande, som borde

åstadkomma en under reaktionens lopp starkt sjunkande hastighetskoefficient. Visserligen var detta ej i så hög grad fallet, som man kunnat vänta (se nedan sid. 45), men ett mera ingående studium af klorhydrinernas litteratur visade, att utom i nämnda fall äfven annars och just vid substanser, där Evans erhållit starkt aftagande koefficienter, konstitutionen ej varit säkerställd: så t. ex. vid asymmetrisk dimetyletylénklorhydrin, som framställts ur isobutylén och hypoklorit (A. Michael [1], K. Krassusky [2] och L. Henry [3]) och om hvars konstitution de mest divergerande åsikter framkommit.

Dessa omständigheter gåfvo emellertid ett starkt stöd åt den uppfattning af de neutrala klorhydrinernas kinetiska förhållanden, som alltid synts mig ligga närmast till hands: En del af de undersökta substanserna utgjordes, trots konstant kokpunkt etc., af en blandning af två isomerer. ***Mot denna uppfattning hade emellertid alltid talat den omständigheten, att etylénklorhydrinen — enligt både Evans' och mina tidigare mätningar — visade med de öfriga analoga förhållanden,*** trots att inga möjligheter till isomeri funnos, och hufvudsakligen detta skäl hade afhållit mig från anslutning till nämnda hypotes.

Emellertid framgick det af en blick på föreliggande kinetiska undersökningsmaterial — utom redan nämnda föreningar: monometyl-, asymm. dimetyl- och trimetyletylénklorhydrin —, att de undersökta föreningarna med hänsyn till koefficienternas utseende läto indela sig i tvenne grupper. Till den förra, där »gången» i koefficienterna var betydligt mindre, hörde etylénklorhydrinen och α-α_1-diklorhydrinen, till den senare alla de öfriga. (α-β-Diklorhydrinen intog en mellanställning.) Påfallande var, att alla de senare hade en osymmetrisk konstitution i afseende på kloren och hydroxylen, så att alltså möjlighet till isomeri förelåg genom utbyte af dessa. Till förnyad, noggrannare undersökning valde jag en representant för hvardera gruppen, för den förra etylénklorhydrinen, för den senare glycerinens α-monoklorhydrin. Den senare representerar det viktigare, om än ej enklaste fallet. Anföres därför först.

2. Glycerin-α-monoklorhydrin.

$HO . CH_2 . CH . OH . CH_2Cl.$

Att valet föll på denna föranleddes af följande sakförhållanden. För det första är denna substans jämte sina sönderdelningsprodukter med alkali — primärt *glyceringlycid,* som sedan adderar vatten under bildning af *glycerin* — lätt tillgänglig. (Användningen af reaktionsprodukterna framgår nedan.) Vidare är dess alkaliska sönderdelningshastighet ej större, än att den efter någon öfning lätt kan bestämmas i hela sitt förlopp. Just på grund af den relativt stora sönderdelningshastigheten är det slutligen sannolikt, att det direkta utbytet af klor mot hydroxyl ej märkbart komplicerar reaktionsförloppet.

[1] J. prakt. Chem. [2], **64**, 102 (1901).
[2] Centralbl. 1901, I, 995.
[3] » 1906, II, 1550.

a) Försöksmetod.

Undersökningen af de från försöksmetoden härrörande felkällornas inverkan verkställdes enligt tabellerna 4—7. Af tab. 4 framgår, att under försöksbetingelserna additionen af syror till glycid fullständigt kan försummas. Här betyder τ den tid i minuter, som förflutit från det ögonblick, då reaktionen afbröts genom tillsats af öfverskott af salpetersyra, och till neutralisationens (tillbakatitreringens) fullbordan.

TABELL 4 (Baryt).

$a = b = 0{,}01333$. $V = 68{,}95$ ccm.

t	x	c	τ
12	0,00853	11,1	2
12	0,00855	11,2	5
12	0,00856	11,2	11

Konstanten är inom försöksfelen oberoende af τ. Däremot erhöll jag i en lösning, som i afseende på saltsyra var 0,05-normal och innehöll något mindre glycid [1], men ungefär dubbelt så mycket klorjoner, vid rumstemperatur följande resultat. 10 ccm af lösningen förbrukade efter:

TABELL 5.

Timmar:	0,0	2	4,5	11	60
ccm 0,1-norm. baryt:	5,17	4,19	3,86	3,72	3,71

Medan alltså esterbildningen i början försiggår tämligen snabbt, upphör den, innan hälften af syran är förbrukad. A. Hantsch och H. Hibbert [2] funno vid försök med etylénoxid och klorvätesyra liknande förhållanden, för hvilka förklaringen, såsom redan nämnts, torde vara att söka i det af Henry iakttagna katalytiska inflytandet af vätejoner vid addition af vatten till inre etrar.

Inflytandet af den fria luftvolymen (φ) är bestämdt i följande tabeller med något olika koncentrationer.

TABELL 6 (Baryt).

$a = b = 0{,}03235$. $V = 29{,}17$ ccm.

t	x	φ	C
35	0,02473	20 ccm	2,87
35	0,02473	70 »	2,87
35	0,02459	120 »	2,80
35	0,02455	170 »	2,78

[1] Klorhydrinen sönderdelades med ett öfverskott af alkali vid vanlig temperatur. Glycidens koncentration är beräknad under den förutsättningen, att dess addition af vatten i alkalisk lösning kan försummas, hvilket vid snabbt arbete säkert är fallet.

[2] Berichte **40**, 1514 (1907).

TABELL 7 (Baryt).

a = b = 0,01317. V = 68,81 ccm.

t	x	φ	C
70	0,00983	30 ccm	3,19
70	0,00985	130 »	3,22

Anm. Hastighetskoefficianternas inbördes olikhet i tabellerna 4, 6 och 7 är påfallande, men beror på de olika preparat, som kommit till användning (se nedan sid. 21). Detta är emellertid här ej af någon betydelse.

Då $\varphi = 70$ ccm vid koncentrationer af storhetsordningen 0,03 är det största vid följande mätningar använda värdet, är äfven denna felkälla att förbise. Vid lägre koncentrationer synas t. o. m. ännu större värden på φ ej ha någon märkbar effekt.

b) Preparat.

α) *Monoklorhydrin ur glycerin.*

Det till större delen af undersökningarna öfver denna förenings kinetik använda preparatet var från Kahlbaum (således framstäldt ur glycerin). Uppgifterna angående dess kokpunkt äro ganska växlande. Vid föregående arbete hade jag genom dubbel fraktionering — se l. c. sid. 349 — under kvarlämnande af det högst kokande erhållit ett preparat med kokp. 135°,5—136°,0 vid 20 mm. R. Wegscheider och F. Zmertzlikar[1] funno vid studier af glycerinens diacetiner kokp. 136° för sitt renade utgångsmaterial. De anmärka, att handelns preparat är förorenadt af β-monoklorhydrin, hvilken emellertid genom destillation skall kunna aflägsnas. Monoklorhydrinernas förste framställare M. Hanriot har för α-föreningen bestämt kokpunkten till 139° vid 18—20 mm.[2], för β-föreningen till 146° vid samma tryck. A. Grün och A. Skopnik uppgifva däremot[3] 130—131° vid 18 mm. för α-klorhydrinen.

Är nu handelspreparatet en blandning af de båda isomererna, bör alltså den lättflyktigare af dessa, α-, anrikas i det först öfvergående vid en fraktionerad destillation. Då i dessa glycerinderivat en primärt bunden halogen (eller annan grupp) reagerar snabbare än en sekundärt bunden, bör i nämnda del sönderdelningshastigheten i alkalisk lösning också vara större än i det ursprungliga preparatet. En bestämning af denna hastighet bör därför kunna lämna vägledning, när det gäller att bedöma preparatets renhet. Jag företog alltså fraktioneringar i vacuum, kombinerade med kinetiska försök, hvarvid det först öfvergående ständigt tillvaratogs, såsom nedan närmare angifves. Bestämningen af sönderdelningshastigheten skedde för alla fraktionerna vid samma tider och samma koncentrationer, och med hvarje fraktion gjordes 4 parallellförsök under identiskt samma betingelser. Samtliga frak-

[1] Centralbl. 1913, II 1128.

[2] Ann. Chim phys. [5] **17**. 72 (1879).

[3] Berichte **42**, 3750 (1909).

tioner analyserades på klor med undantag af fraktion I, där detta af förbiseende underläts. På några bestämdes också specifika vikten, hvilken möjligen skulle kunna ge någon ledning beträffande renhetsgraden. De här nedan angifna kokpunkterna i vaccuum äro bestämda under följande betingelser: vanlig fraktionskolf med vid hals stod till inre vätskeytan ned i ett bad af Woods metall, som hade en temperatur af c:a 150°. Termometer korr., i ångan.

Ur 115 gr. α-monoklorhydrin isolerades genom dubbel destillation i en Claisenkolf 55 gr. af det lägst kokande (kokp. konstant inom ½°): fraktion I i tab. 8. Ur fr. I togs återigen 30 gr. (fr. II), därur 13 gr. (fr. III), hvilka slutligen efter två destillationer gåfvo fr. IV (4 gr.). I följande tabell betyda de under rubrikerna 1, 2, 3 och 4 angifna talen antal ccm förbrukad 0,1027-normal baryt i hvart och ett af de fyra parallellförsöken. M är medeltalet af dessa, hvarur sedan koefficienten C beräknats. Cl = klorhalt i %. För monoklorhydrinen beräknas 32,09 %.

En mellanfraktion analyserades på kol och väte:

I 0,1530 gr. gåfvo vid förbränning 0,1845 gr. kolsyra och 0,0881 gr. vatten.

II 0,1613 gr. gåfvo 0,1942 kolsyra och 0,0942 vatten.

	Funnet: I	Funnet: II	Beräknadt:
C	32,89 %	32,84 %	32,58 %
H	6,44 »	6,53 »	6,38 »

TABELL 8 (Baryt).

a = b = 0,01329.

Fr.	Cl	t	V	1	2	3	4	M	C
I	—	10	68,92	4,47	4,44	4,49	4,50	4,47	7,57
II	31,99	10	84,12	5,69	5,67	5,66	5,69	5,68	8,20
III	32,11	10	85,00	6,00	5,97	5,99	5,98	5,98	8,95
IV	31,78	10	81,22	5,91	5,94	5,92	5.95	5,93	9,72

Sönderdelningshastigheten stiger sålunda med hvarje destillation [1]. I följande tabeller (9—11) visas, att samtidigt blir »gången» i reaktionskoefficienterna allt mindre. I tab. 9 användes härvid en fraktion, hvilken, som synes, motsvarar ungefär fr. I ofvan (fr. V), i tab. 10 fr. III och i tab. 11 fr. IV.

TABELL 9 (Baryt).

a = b = 0,01395. V = 69,43 ccm.

t	x	C
3	0,00361	8,34
10	0,00704	7,30
25	0,00940	5,93
59	0,01082	4,20

TABELL 10 Baryt).

a = b = 0,01378. V = 69,30 ccm.

t	x	C
3	0,00403	10,0
8	0,00702	9,42
20	0,00957	8,25
44	0,001109	6,80

[1] Tabell 8 ger också en god föreställning om felstorleken vid försöken.

TABELL 11 (Baryt).

$a = b = 0{,}01404$. $V = 69{,}51$ ccm.

t	x	c
2	0,00320	10,53
5	0,00588	10,26
12	0,00867	9,58
35	0,01121	8,06

För framställning av större mängder »ren» α-monoklorhydrin destillerades 100 gr. handelsvara med en deflegmator (4 kulor) upprepade gånger, i det hvarje gång c:a 10 gr. af det högst kokande kvarlämnades, tills slutligen af det lättflyktigaste 10 gr. (fr. VI) återstodo. På förut beskrifvet sätt pröfvades härunder flera af fraktionerna på deras sönderdelningshastighet. Det måste anses öfverflödigt att här anföra dessa tabeller.

Fr. VI: Analys: 0,2599 gr. förbrukade efter fullständig sönderdelning med alkali 22,42 ccm 0,1050-norm. silfvernitrat, motsvarande Cl = 32,12 %. Sönderdelningshastigheten framgår af tab. 12.

TABELL 12 (Baryt).

$a = b = 0{,}01345$. $V = 69{,}05$ ccm.

t	x	c
2	0,00287	10,08
5	0,00544	10,10
12	0,00822	9,74
35	0,01072	8,34

Af en jämförelse med tab. 11 framgår, att vi i dessa båda tabeller ha att göra med substanser af samma renhetsgrad. Jag ansåg mig på grund häraf ha starka sannolikhetsskäl för, att jag hade en ren α- förening i händerna, hvarför denna substans begagnades för en stor del af de rent kinetiska försöken i tabellerna nedan.

Bestämning af spec. vikter. Hanriot hade (l. c.) för α-isomeren funnit $D_0 = 1{,}338$ och för β-föreningen $D_0 = 1{,}328$. Mina bestämningar gåfvo som resultat (fr. V och VI representera enligt föregående ytterfraktionerna):

Fr. V : $D_{20} = 1{,}3205$,
En midtelfraktion (Cl = 31,96 %): $D_{20} = 1{,}320$ och $D_0 = 1{,}337$,
samt Fr. VI : $D_{20} = 1{,}320$ och $D_0 = 1{,}337$,

Öfverensstämmelsen med Hanriot är tillfredsställande. Spec. vikten är tydligen ej lämplig för bestämning af renhetsgraden.

För att afgöra, om de af mig erhållna fraktionerna med högst sönderdelningshastighet verkligen voro rena, eller om »gången» i koefficienterna berodde på ännu förhandenvarande β-förening, anställde jag försök med öfverskott af endera af de reagerande substanserna. Vid ett öfverskott af klorhydrinen bör koefficienten stiga, om β-klorhydrin ännu finnes närvarande. Detta var äfven fallet, som tab. 13 visar.

TABELL 13 (Baryt).

a = 0,01697. b = 0,01075. V = 67,02 ccm.

t	x	a — x	b — x	c
1,5	0,00245	0,01452	0,00830	11,06
3,5	0,00438	0,01259	0,00637	10,35
8	0,00689	0,01008	0,00386	10,13
18	0,00901	0,00796	0,00174	9,51

Tendensen till stigning är tydlig, som af en jämförelse med tab. 12 synes. — I följande serie användes öfverskott af alkali.

TABELL 14 (Baryt).

a = 0,00930. b = 0,01539. V = 70,58 ccm.

t	x	a — x	b — x	c
1,5	0,00201	0,00729	0,01338	11,31
3,5	0,00355	0,00575	0,01184	10,26
8	0,00586	0,00344	0,00953	10,58
18,5	0,00761	0,00170	0,00778	9,06

Då alltså ett öfverskott af alkali hade ungefär samma effekt som ett öfverskott af klorhydrin, kunde ur dylika försök inga slutsatser dragas angående det använda preparatets renhet.

β) *Monoklorhydrin ur epiklorhydrin.*

Det ligger nära till hands att för framställning af monoklorhydrin använda en metod, som, angifven redan af M. Reboul [1], något närmare pröfvades af M. Hanriot [2]. Epiklorhydrin adderar vatten enligt formeln:

$$\underbrace{CH_2 . CH}_{O} . CH_2Cl + H_2O = CH_2OH . CHOH . CH_2Cl .$$

Har epiklorhydrin den angifna konstitutionen, måste den erhållna produkten vara ren, d. v. s. fri från den symmetriska formen. Då nämnda författare äro något kortfattade i sina uppgifter, meddelar jag här de af mig använda försöksbetingelserna och erhållna resultaten. 70 gr. epiklorhydrin af konstant kokpunkt upphettades med $^2/_5$ af sin volym vatten $4\,^1/_2$ timmar i bombrör till 115—125°. Den erhållna produkten, som ej gaf fällning vid utspädning med mycket vatten, innehöll 22 gr. epiklorhydrin och ungefär 27 gr. α-monoklorhydrin. Hanriots uppgift, att reaktionens slut angifves därigenom, att produkten ej fälles af ett stort öfverskott af vatten, betyder således ej, att epiklorhydrinen är fullständigt förbrukad.

Analys af den 4 ggr destillerade produkten (fr. VII) gaf till resultat: I: 0,1565 gr. substans förbrukade efter sönderdelning med alkali 13,55 ccm 0,1050-norm. silfvernitrat, och II: 0,2575 gr. substans 22,17 ccm.

[1] Ann. chim. phys. [3], **60**, 5 (1860).

[2] Dito: [5], **17**, 76 (1879).

I: Cl = 32,24 %; II: Cl = 32,06 %.

Spec. vikten bestämdes vid 20° för två olika preparat: I: $D_{20} = 1,3216$ och II: $D_{20} = 1,3213$.

Afvikelsen i spec. vikt från de föregående ligger något ofvanför försöksfelen. Att vi emellertid här ha ett preparat, som uppvisar bestämda olikheter med de renaste av de föregående, framgår mera otvetydigt af följande serie.

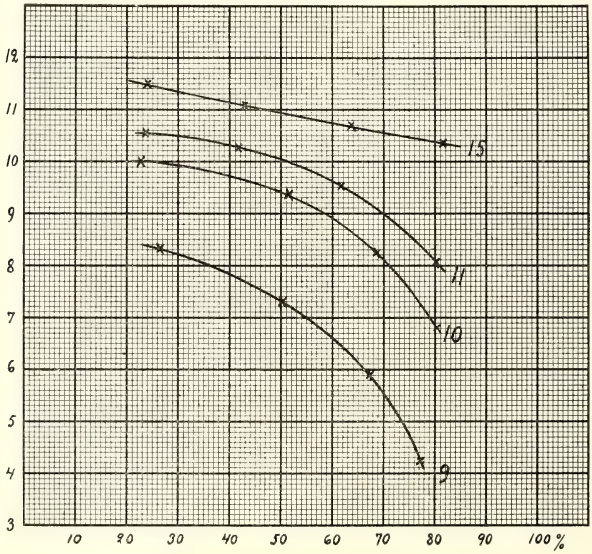
TABELL 15 (Baryt).

a = b = 0,01352. V = 69,10 ccm.

t	x	c
2	0,00321	11,5
5	0,00578	11,0
12	0,00862	10,8
30	0,01092	10,4

Värdena på konstanten c i tab. 15 äro ungefär 10 % större än i tabellerna 11 och 12. I nedanstående grafiska tabell är som ordinata hastighetskoefficienterna i tabellerna 9—11 och 15 och som abscissa den procentiska omsättningen $\frac{100x}{a}$ afsatt.

GRAFISK TABELL.



Som synes bildar kurvan 15 i motsats till de öfriga en rät linje, hvilket vid en jämförelse med förhållandena vid etylénklorhydrin (äfven där sjunkande koefficienter) får tydas som ett bevis på preparatets renhet. Den ännu förhandenvarande

»gången» i koefficienten ligger således i reaktionens natur och blir längre ned föremål för närmre diskussion.

Kokpunkterna för de olika preparaten, bestämda på ofvan angifvet sätt, voro: för fr. VII 113°,5 vid 10,5 mm [1], för fr. VI 116° vid 11 mm, för fr. V 115° vid 10,5 mm och för de högst kokande resterna 116° vid 10,5 mm.

Differenserna i kokpunkter för de olika fraktionerna äro ej större, än att lika stora erhållas vid destillation i vacuum under växlande betingelser: olika storlek på fraktionskolfven etc. Den här använda hade 40 ccm:s volym och en hals af 18 mm:s diameter.

Genom användande af större mängder substans och lämpliga fraktionsapparater är det, får man antaga, möjligt att ur handelsvaran framställa ren α-monoklorhydrin. *Svårigheten är egentligen att konstatera, när den andra isomeren praktiskt taget har försvunnit.* Tillsvidare föreligger ingen annan metod än den här använda, som med samma skärpa påvisar närvaron af denna. Det torde ej vara för mycket att påstå, att en viss osäkerherhet vidlåder de kemiskt preparativa arbeten (framställning af glycerinens en- och tvåvärda estrar), vid hvilka ur glycerin framställd monoklorhydrin användts som utgångsmaterial, utan att därvid på något öfvertygande sätt visats, att preparatet varit enhetligt. Dylika arbeten af nyare datum äro ganska talrika (t. ex. A. Grün [2], R. Wegscheider [3]).

Nedan har jag i ett par fall vid bildning af glycerinmono- eller diklorhydriner sökt att medelst alkalisk sönderdelning bestämma sammansättningen af de uppkomna isomeriblandningarna. Då emellertid tydandet af dessa bestämningar hvilar på mina nedan anförda kinetiska resultat, har det synts mig lämpligt att redogöra för dessa försök, först sedan jag afslutat behandlingen af klorhydrinernas kinetik i dess helhet.

c) Kinetik.

(Olika alkaliers, reaktionsprodukternas inverkan etc.)

α) *Verkan af baryt och natron i ekvivalenta mängder.*

Det till försöken öfver olika alkaliers inverkan använda preparatet är detsamma, som ofvan benämnts fr. VI. Att detsamma, som där visats, ej var fritt från β-monoklorhydrin, är här af mindre betydelse, då det blott är fråga om differenser.

Försök med baryt (Tab. 16—17).

TABELL 16.

a = b = 0,03261. V = 29,32 ccm.

t	x	c
1	0,00816	10,23
2	0,01229	9,27
5	0,01961	9,25
12	0,02489	8,24

TABELL 17.

a = b = 0,00559. V = 169,21 ccm.

t	x	c
4	0,00116	11,8
12	0,00232	10,6
30	0,00351	10,0
85	0,00450	8,65

[1] 129° vid 22 mm i glycerinbad.

[2] Se t. ex. Berichte **42**, 3750 (1909), **43**, 1288 (1910).

[3] Centr. bl. 1913 II, 1128.

Försök med natron (Tab. 18—19).

TABELL 18.

a = b = 0,03103. V = 29,55 ccm.

t	x	c
1	0,00712	9,59
2	0,01163	9,66
5	0,01853	9,55
12	0,02382	8,87

TABELL 19.

a = b = 0,00561. V = 169,92 ccm.

t	x	c
4	0,00118	11,9
12	0,00241	11,2
30	0,00355	10,3
80	0,00451	9,10

Verkan af baryt och natron är ungefär densamma (c-värdena för den senare äro helt obetydligt större). Påfallande är den starka variationen i hastighetskoefficienterna med koncentrationen, i det dessa *stiga med aftagande koncentration*, och detta både för natron och baryt. Vid förtvålning af metylacetat med alkalier fann S. Bugarszky [1] mindre koefficienter vid större utspädning för kali och natron, medan vid kalk och baryt förhållandet var omvändt. De af honom iakttagna variationerna voro dock mindre (ungefär hälften).

I tab. 20 är sönderdelningshastigheten med natron för ren α-förening bestämd.

TABELL 20 (Natron).

a = b = 0,01364. V = 69,93 ccm.

t	x	c
2	0,00336	12,0
5	0,00603	11,6
12	0,00887	11,4
30	0,01110	10,6

En jämförelse med tab. 15 visar, att natron äfven här möjligen har något starkare effekt än baryt.

β) I följande serier (21—24), som afse studiet af *endera af de reagerande substanserna i öfverskott*, användes också ren α-monoklorhydrin (ur epiklorhydrin).

Öfverskott af alkali (Tab. 21—22).

TABELL 21 (Baryt).

a = 0,00810. b = 0,01464. V = 69,98 ccm.

t	x	a — x	b — x	c
1,5	0,00172	0,00638	0,01292	11,6
4	0,00356	0,00454	0,01108	11,5
8	0,00519	0,00291	0,00945	11,2
23	0,00732	0,00078	0,00732	10,9

TABELL 22 (Natron).

a = 0,00868. b = 0,01486. V = 70,98 ccm.

t	x	a — x	b — x	c
1,77	0,00215	0,00653	0,01271	11,7
3,75	0,00380	0,00488	0,01106	12,1
8	0,00566	0,00302	0,00920	11,6
15	0,00714	0,00154	0,00772	11,6

[1] Zeitschr. physik. Chem. 8, 398 (1891).

Öfverskott af klorhydrin (Tab. 23—24).

TABELL 23 (Baryt).

a = 0,01736. b = 0,00932. V = 65,99 ccm.

t	x	a — x	b — x	c
1,5	0,00229	0,01507	0,00703	11,6
3	0,00375	0,01361	0,00557	11,3
7	0,00613	0,01123	0,00319	11,3
14	0,00787	0,00949	0,00145	11,2

TABELL 24 (Natron).

a = 0,01660. b = 0,00937. V = 66,49 ccm.

t	x	a — x	b — x	c
1,53	0,00228	0,01432	0,00709	11,9
3	0,00368	0,01292	0,00569	11,5
6	0,00558	0,01102	0,00379	11,4
14	0,00771	0,00889	0,00166	10,9

Vid öfverskott af endera af de reagerande substanserna får man »bättre konstanter». (De aftaga mindre mot slutet.) I själfva verket äro koefficienterna i tabellerna 22 och 23 oklanderliga.

γ) *Verkan af neutralsalter* (Tab. 25—26).

I följande två tabeller öfver neutralsalters verkan har jag af bekvämlighetsskäl afvikit från den vanliga uppställningen af tabellerna. Volymen i båda utgör omkring 70 ccm; n = normalitet af tillsatt neutralsalt. I tab. 25 äro värdena för n = 0 hämtade ur tab. 15, och likaså i tab. 26 ur tab. 20.

TABELL 25 (Baryt och klorbarium).

a	t	x	n	c
0,01352	5	0,00578	0 [1]	11,0
»	12	0,00862	»	10,8
0,01377	5	0,00587	0,025	10,8
»	12	0,00874	»	10,5
0,01368	5	0,00572	0,054	10,5
»	12	0,00804	»	10,4

TABELL 26 (Natron och klornatrium).

a	t	x	n	c
0,01364	5	0,00603	0	11,6
»	12	0,00887	»	11,4
0,01365	5	0,00596	0,027	11,4
»	12	0,00882	»	11,1
0,01356	5	0,00584	0,054	11,2
»	12	0,00867	»	10,9

Neutralsalter äro äfven i små koncentrationer ej utan effekt, hvarvid klornatrium och klorbarium förhålla sig lika. (Senter fann (l. c.), att vid 0° en 0,25-normal *natriumnitrat*-lösning var *utan effekt* på reaktionen mellan alkali och monoklorhydrin! Nedan har jag vid etylénklorhydrinen visat, att klornatrium och natriumnitrat ha samma verkan. Man får väl antaga, att någon skillnad i dessa salters verkan ej heller förefinnes här).

δ) *Verkan af glycid och glycerin.*

Öfriga reaktionsprodukter äro primärt glyciden [2], som genom vattenaddition öfvergår i glycerin. Deras inverkan är nedan undersökt. Härvid har användts en klorhydrin, som ej var fri från β-isomeren, hvilket emellertid är af mindre betydelse.

[1] Från början hade intet klorbarium tillsatts.

[2] Att genom inverkan af alkali på glycerinmonoklorhydrin glyceringlycid bildas, har M. Hanriot (Ann. chim. phys. [5], **17**, 112 (1879)) och sedan med mera framgång J. Nef (Lieb. Ann. **335**, 231 (1904)) visat.

Glyciden framställdes enligt A. Bigot's af J. Nivière [1] modifierade metod: metalliskt natrium får inverka på monoklorhydrin, löst i absolut eter. Utbytet var det af af Nivière angifna. Glyciden destillerades i vacuum 3 ggr: kokp 71—73° vid 20 mm. (ej korr.). Försöken öfver glycidens inverkan utfördes så, att i *en* serie en känd mängd glycid sattes till den alkaliska lösningen omedelbart *före* t = 0, medan i en annan glyciden infördes vid t = 3. Resultaten af båda var detsamma, hvarför endast den senare är anförd. I tab. 27 betyder g glycidens normalitet.

TABELL 27 (Baryt).

Tillsats af glycid.

a = b = 0,00815. V = 119,46 ccm.

t	x	g	c
30	0,00470	0,00	5,59
30	0,00472	0,006	5,63
30	0,00474	0,011	5,68
30	0,00473	0,017	5,65

Glycidens verkan är tydligen praktiskt ingen, när det gäller mängder af samma storhetsordning som de, hvilka bildas under reaktionen vid dessa koncentrationer.

Enligt verkställda kvalitativa försök försiggår glycidens vattenaddition i neutral lösning endast helt långsamt, hvarför försök med tillsats af glycerin möjligen få anses öfverflödiga. Här anföres likväl den ena utaf två med glycerin utförda serier (g = glycerinkoncentration).

TABELL 28 (Baryt).

Tillsats af glycerin.

a = b = 0,00760. V = 118,77 ccm.

t	x	g	c
10	0,00267	0,00	7,13
10	0,00266	0,018	7,09
10	0,00269	0,037	7,06
10	0,00267	0,054	7,13

Reaktionen mellan alkali och glycerinens α-monoklorhydrin är således i det närmaste bimolekylär; dock aftaga hastighetskoefficienterna något under reaktionens lopp, utan att denna omständighet mera än möjligen delvis kan tillskrifvas reaktionsprodukternas inverkan. Samtidigt äro koefficienterna större i utspädd än i koncentrerad lösning samt ökas vid öfverskott af endera af de reagerande substanserna. Någon teoretisk förklaring för dessa förhållanden, hvarigenom denna reaktion skiljer sig från den alkaliska esterhydrolysen, är svår att gifva. Möjligen kan den omständigheten, att klorhydrinen är en svagt sur förening, spela någon roll; möjligt är också, att *ringslutningen ej är någon enkel reakton, utan försiggår i flera stadier, hvarvid ett bimolekylärt förlopp är den egentliga tidsreaktionen.*

[1] C. r. **156**, 1777 (1913).

3. Etylénklorhydrin.

$HO . CH_2 . CH_2Cl$.

a) Inledning.

Till de försök med etylénklorhydrin, som publicerades i mitt första meddelande [1], användes ett preparat, som framställts enligt A. Ladenburg [2] ur etylénglykol och klorväte och rectificieradt två gånger visade kokp. 126° vid 751 mm. Genom ett missöde erhöll jag ingen analys på detsamma, men då mina siffror voro i allra bästa öfverensstämmelse med de af Evans funna, hade jag ingen anledning att betvifla dess renhet. Vid förnyade försök erhölls emellertid en afvikelse från tidigare mätningar, som låg utanför försöksfelen. Då etylénklorhydrinen, som jag nu fann, med största envishet kvarhåller vatten, är det väl troligt, att nämnda preparat ej varit fullt rent (liksom det af Evans använda). Dessa tidigare tabeller anföras därför ej här med undantag af några stycken, som visa verkan af kali och kalk jämförda med natron.

b) Preparat och metodik.

Ur 150 gr. etylénklorhydrin (från Kahlbaum) afdestillerades med deflegmator af det lägst kokande ungefär 30 gr., hvari klorhalten bestämdes och befanns vara 42,16 % i st. f. beräknade 43,75 %. För att öfvertyga mig om enhetligheten af återstående 120 gr. uttog jag dels 5 gr. af det lägst kokande (fr. I), dels 10 gr. af det högst kokande (fr. III) — kokpunkt dock praktiskt densamma för båda: 128° vid 750 mm. (ej korr.) — slutligen ock en mellanfraktion (fr. II), och på alla dessa bestämdes den alkaliska sönderdelningshastigheten. Beteckningarna i tab. 29 äro analoga med de i tab. 8 använda.

TABELL 29 (Baryt).

a = b = 0,01386. Baryt = 0,1027-norm.

Fr.	Cl	t	V	1	2	3	4	M	C
I	43,57 %	165	73,11	5,83	5,82	5,80	5,79	5,81	0,626
II	43,87 »	165	71,25	5,67	5,68	5,67	—	5,67	0,628
III	44,18 »	165	79,78	6,36	6,39	6,37	6,37	6,37	0,633

Alla tre fraktionerna ge praktiskt taget samma sönderdelningshastighet. Den sista är visserligen något afvikande från de öfriga, hvarvid dock är att märka, att äfven klorhalten är något för stor. (Dess vattenlösning hade dock neutral reaktion.) I de följande försöken är fr. II använd (tabellerna 30—46).

---

[1] L. c. sid. 346.

[2] Berichte **16**, 1407 (1888).

Den *fria luftvolymens inflytande* synes redan i tab. 29, där i försöken 1, 2 och 3 φ var = 30 ccm, men i 4 var = 130 ccm. Tab. 30 utgör en sammanställning af ett par liknande försök vid ungefär samma koncentration som i tab. 29.

TABELL 30 (Baryt).

		1	2	3	4
1)	φ i ccm :	15	15	15	115
	ccm förbrukad Baryt :	6,78	6,78	6,77	6,77
2)	φ i ccm :	30	30	30	130
	ccm förbrukad Baryt :	5,51	5,52	5,50	5,52

Vid större koncentrationer var i försöken nedan φ alltid mindre än 20 ccm.

Felen vid tillbakatitreringen undersöktes på två sätt. Genom en *kvalitativ* pröfning kunde fastslås, att den bildade etylénoxiden [1] vid närvaro af salpetersyra och klorvätesyra under de betingelser, som försöken ange, adderar klorväte med en hastighet, som är ungefär proportionell mot klorjonernas koncentration, och motsvarade denna hastighet ej 0,01 ccm $^1/_{10}$-norm. alkali i minuten. I mitt förra meddelande äro publicerade åtskilliga tabeller, där parallellbestämningar äro utförda så, att det med alkali neutraliserade profvet, efter affärgning med kolsyra, titrerades enligt Mohr med silfvernitrat. Öfverstämmelsen mellan alkalimetrisk och argentometrisk titrering var tillräcklig. Nedan är en af dessa tabeller reproducerad (tab. 47). A. Hantsch och H. Hibbert funno [2] också etylénoxidens basiska natur = 0.

Af tab. 31 framgår *kvantitativt* storleken af nämnda felkälla. τ har samma betydelse som i tab. 4.

TABELL 31 (Natron).

a = b = 0,01422. V = 70,43 ccm.

t	x	τ	c
330	0,01065	$1^1/_2$	0,636
330	0,01065	$1^1/_2$	0,636
330	0,01065	5	0,636
330	0,01061	10	0,626
330	0,01058	20	0,619

I följande försök är τ genomgående $1^1/_2$—2 min.

Analyser på fr. II : 0,1874 gr. förbrukade efter sönderdelning med alkali 22,12 ccm 0,1048-norm. silfvernitrat, och 0,1706 gr. gåfvo vid förbränning 0,1866 gr. kolsyra och 0,0958 gr. vatten.

	Beräknadt:	Funnet:
Cl	43,75 %;	43,87 %
C	29,82 »	29,83 »
H	6,26 »	6,28 »

[1] Se anm. sid. 19.

[2] Berichte **40**, 1514 (1907).

c) Kinetik.

α) *Baryts och natrons effekt i ekvivalenta mängder vid olika koncentrationer.*

Försök med baryt (Tab. 32—34).

TABELL 32.

a = b = 0,03433. V = 30,05 ccm.

t	x	c
(12	0,00670	0,588)
33	0,01401	0,608
85	0,02190	0,604
200	0,02733	0,569

TABELL 33.

a = b = 0,01386. V = 71,25 ccm.

t	x	c
25	0,00258	0,660
55	0,00448	0,627
105	0,00667	0,638
165	0,00817	0,628
(528	0,01141	0,638)

TABELL 34.

a = b = 0,00628. V = 170,43 ccm.

t	x	c
60	0,00135	0,729
140	0,00234	0,673
360	0,00374	0,650
950	0,00497	0,637

Försök med natron (Tab. 35—38).

TABELL 35.

a = b = 0,03388. V = 30,91 ccm.

t	x	c
12	0,00708	0,650
32	0,01373	0,629
65	0,01973	0,633
145	0,02545	0,614

TABELL 36.

a = b = 0,01453. V = 70,70 ccm.

t	x	c
30	0,00323	0,656
71	0,00585	0,654
164	0,00879	0,642
352	0,01103	0,616

Att första värdet i föregående tabell är för lågt, visar följande kontrollmätning.

TABELL 37.

a = b = 0,01427. V = 70,47 ccm.

t	x	c
30	0,00319	0,672
30	0,00316	0,665
70	0,00562	0,650
195	0,00913	0,639

TABELL 38.

a = 0,006030. b = 0,005893. V = 170,46 ccm.

t	x	c
(60	0,001135	0,658)
151	0,002237	0,667
395	0,003617	0,656
650	0,004243	0,638

Liksom vid monoklorhydrin variera hastighetskoefficienterna med koncentrationen, variationerna äro också af samma storhetsordning. I ungefär $^{1}/_{100}$-normal lösning och därunder verka båda baserna praktiskt lika, vid tilltagande koncentration minskas sönderdelningshastighen mest för baryt.

β) I följande tabeller (39—41) kom *öfverskott af endera af de reagerande komponenterna* till användning.

TABELL 39 (Baryt).

a = 0,01056. b = 0,01708. V = 71,98 ccm.

t	x	a — x	b — x	c
25	0,00245	0,00811	0,01463	0,670
50	0,00399	0,00657	0,01309	0,640
100	0,00609	0,00447	0,01099	0,642
210	0,00827	0,00229	0,00881	0,633

TABELL 40 (Natron).

a = 0,01042. b = 0,01707. V = 72,97 ccm.

t	x	a — x	b — x	c
25	0,00246	0,00796	0,01461	0,685
50	0,00404	0,00638	0,01303	0,664
100	0,00611	0,00431	0,01096	0,661
210	0,00831	0,00211	0,00876	0,665

TABELL 41 (Baryt).

a = 0,02126. b = 0,01070. V = 66,98 ccm.

t	x	a — x	b — x	c
22	0,00267	0,01859	0,00803	0,657
50,5	0,00484	0,01642	0,00586	0,645
89	0,00667	0,01459	0,00403	0,638
185	0,00889	0,01237	0,00181	0,633

För natron tyckes en ändring i konstanten inträda vid öfverskott af bas (tab. 40). Tab. 39 och 41 förete inga nämnvärda afvikelser från serierna med ekvivalenta mängder.

γ) *Verkan af neutralsalter* (Tab. 42—46).

TABELL 42 (Natron och natriumnitrat).

a = b = 0,01496. V = 71,07 ccm.

t	x	n	c
30	0,00339	0,0265	0,653
70	0,00607	»	0,651
165	0,00911	»	0,630
391	0,01176	»	0,627

En jämförelse med tab. 36 visar, att natriumnitrat ingen verkan har. I följande tabell äro 4 parallellförsök publicerade: de två första med tillsats af klornatrium, de två senare med natriumnitrat. Båda äro praktiskt taget utan verkan.

TABELL 43 (Natron och neutralsalter).

a = b = 0,01421. V = 70,42 ccm.

t	x	n	c
	a) Klornatrium.		
30	0,00312	0,0265	0,659
30	0,00311	0,0265	0,657
	b) Natriumnitrat.		
30	0,00310	0,0265	0,654
30	0,00310	0,0265	0,654

Däremot synas bariumsalter i motsvarande koncentrationer ej vara utan effekt, liksom koncentrationsvariationerna i hastighetskoefficienterna voro större för baryt än för

natron. Lösningarna med samma halt af bariumjoner synas ha samma sönderdelningshastighet (jfr tabellerna 44 och 45 med tab. 32).

TABELL 44 (Baryt och klorbarium).
a = b = 0,01427. V = 69,68 ccm.

t	x	n	c
30	0,00299	0,025	0,620
70	0,00539	»	0,608
170	0,00853	»	0,613
361	0,01073	»	0,588

TABELL 45 (Baryt och bariumnitrat).
a = b = 0,01247. V = 69,68 ccm.

t	x	n	c
30	0,00299	0,025	0,620
70	0,00539	»	0,608
170	0,00849	»	0,605
361	0,01071	»	0,585

En jämförelse å ena sidan mellan tabellerna 44 och 33 och å andra sidan mellan 44 och 45 ger vid handen: 1) att en tydlig differens med och utan neutralsalter finnes, och 2) att bariumklorid och bariumnitrat verka lika.

I följande tabell, också öfver verkan af baryt, dels ensam dels med tillsats af bariumnitrat, ha koefficienterna, sannolikt af en tillfällighet, obetydligt högre värden, men resultatet — af neutralsaltets verkan — är detsamma som i föregående tabeller.

TABELL 46 (Baryt och bariumnitrat).
a = b = 0,01497. V = 70,25 ccm.

t	x	n	c
32	0,00359	0,00	0,660
364	0,01157	0,00	0,625
32	0,00349	0,025	0,635
364	0,01144	0,025	0,595

δ) *Att kali och kalk* i det närmaste ha samma verkan som natron (antagligen förefinnes väl liksom mellan natron och baryt en viss, om än obetydlig, skillnad i verkningsgraden), visa följande tabeller, som hämtats från förut publicerade mätningar(l. c. sid. 347—348; c_{Arg} betyder den konstant, som fås ur titrering med silfvernitrat enl. Mohr).

TABELL 47 (Natron).
a = b = 0,02484. V = 37,85 ccm.

t	x	c	$c_{Arg.}$
10	0,00342	0,64	0,61
20	0,00598	0,64	0,61
40	0,00927	0,60	0,61
80	0,01326	0,58	0,59

TABELL 48 (Kalk).
a = b = 0,01078. V = 82,43 ccm.

t	x	c
(25	0,00182	0,75)
51	0,00269	0,61
90	0,00390	0,58
172	0,00555	0,57

TABELL 49 (Kali).

$a = b = 0{,}02404$. $V = 39{,}75$ ccm.

t	x	c
10	0,00311	0,62
20	0,00530	0,59
40	0,00849	0,57

Koefficienterna aftaga snabbare än i föregående serier. Extrapoleras till tiden $t = 0$, ge alla tre tabellerna (47—49) $c_0 = 0{,}70$ ungefär.

Anm. Jag har som regel underlåtit att företaga denna extrapolation, då den ju, äfven i gynnsamma fall, alltid ger osäkra värden. Det har synts mig bättre att om möjligt välja försökstiderna så, att det första af profven motsvarar $^1/_5$ af omsättningen, det andra $^2/_5$ osv., hvarigenom jämförliga siffror kunna erhållas. I hvarje fall måste extrapolation anses meningslös, om vid tiden $t = 1$ min. (eller $t = {}^1/_2$ min.!) hälften af klorhydrinen är förbrukad! Dylika extrapolationer förekomma dock i Evans' nämnda arbete.

En af föreliggande arbetes uppgifter var ju — se sid. 11 — att söka konstatera, om ej, äfven vid neutrala klorhydriner i vissa fall, olika alkalier inbördes kunde förete olikheter i sin verkan allt efter klorhydrinens i fråga natur. Enligt ofvanstående undersökning finnes det vid etylénklorhydrinen en viss differens mellan natron och baryt, en differens, som är af så mycket större intresse, som en dylik ej kunde påvisas vid monoklorhydrinen. Då det möjligen skulle kunna anmärkas, att den kinetiska behandlingen af monoklorhydrinen och etylénklorhydrinen är omständigare, än strängt taget är nödvändigt, och att ofvanstående resultat kunde ha vunnits med mindre arbete, vill jag här påpeka, att det var af en viss vikt, att ett par substanser kinetiskt någorlunda genomarbetades, äfven ur den synpunkten, att dessa undersökningar ha ett praktiskt-preparativt intresse, såsom nedan ytterligare skall framhållas.

4. α-α_1-**Diklorhydrin.**

$Cl\,CH_2 \,.\, CHOH \,.\, CH_2Cl.$

Här äro återgifna de försök, som anställts med ett preparat från Kahlbaum (ur glycerin). Af senare undersökningar har framgått, att detta ej varit fullt fritt från den andra isomeren [1]. Föroreningen är emellertid obetydlig och utan inverkan på de resultat, som här i första hand äro af intresse: de olika alkaliernas inverkan. Hvarje studium af reaktionsmekanismen är här på grund af den stora sönderdelningshastigheten utesluten.

---

[1] Se dock Markownikows uppfattning sid. 46.

Preparatet visade efter några fraktioneringar kokpunkten 78° vid 22 mm. Analys: Efter sönderdelning med alkali förbrukade 0,1381 gr. 21,24 ccm 0,1000-normalt silfvernitrat.

	Funnet:	Beräknadt:
Cl	54,54 %	55,0 %

Med anledning af sina försök med denna förening anmärker Evans, som erhöll under reaktionens lopp *stigande* hastighetskoefficienter, att denna omständighet möjligtvis kunde förklaras ur försöksfel, i det — vid större volymer på lösningen än här användts — det vid reaktionen frigjorda värmet icke genast afleddes och därigenom verkade höjande på reaktionshastigheten. Då det af honom använda preparatet var framställdt af glycerin och svafvelklorur [1], borde väl dess renhetsgrad motsvara det af mig använda, som lämnade svagt sjunkande koefficienter, och i enlighet härmed hans gifna förklaring vara riktig. (Höjningen af koefficienterna är afsevärd.)

Vid ett enligt annan metod framställdt preparat (se nedan sid. 46), erhöll jag emellertid koefficienter, som praktiskt voro oklanderliga, och det ligger då närmast till hands att anse dem som riktiga (och det använda preparatet fritt från isomeren), då de dels genomsnittligt äro större, dels med här använd försöksmetod fenomen af nämnda art (*stigande* af koefficienterna) ej någonstädes iaktagits.

a) *Försök med baryt* (Tab. 50—51).

TABELL 50.

a = b = 0,007594. V = 118,31 ccm.

t	x	c
2	0,00399	73,0
3	0,00465	69,4
5	0,00546	67,2
9	0,00621	65,9

TABELL 51.

a = b = 0,007226. V = 117,88 ccm. $[BaCl_2]$ = 0,0175 mol.

t	x	c
2	0,00362	69,6
3	0,00425	65,8
5	0,00507	65,3
9	0,00582	63,4

b) *Försök med natron* (Tab. 52—53).

TABELL 52.

a = b = 0,007624. V = 116,55 ccm.

t	x	c
2	0,00405	74,1
3	0,00480	74,2
5	0,00546	66,4
9	0,00623	65,4

TABELL 53.

a = b = 0,007065. [NaCl] = 0,0204 norm. V = 116,04 ccm.

t	x	c
2	0,00362	74,6
3	0,00432	74,1
5,45	0,00520	72,4
9	0,00575	68,7

Extrapolerar man till tiden t = 0, erhålles ett värde, som något *öfverstiger* det af Evans (också genom extrapolation) erhållna.

De båda här använda alkaliernas inverkan är praktiskt taget densamma (jfr dock verkan af klorbarium och klornatrium).

[1] Lieb. Ann. **168**, 42 (1873).

5. α-β-Diklorhydrin.
$HOCH_2 . CHCl . CH_2Cl$.

Föreningen framställdes genom addition af klor till allylalkohol i hufvudsaklig öfverensstämmelse med H. Hübner och K. Müller [1]. De lägga särskild vikt vid, att allylalkoholen skall vara väl torkad. Jag fann, att handelsvaran direkt lät använda sig för ändamålet. Den erhållna produkten af klorens inverkan på allylalkohol sättes för att befrias från det mesta klorvätet i vacuum med kali, tvättas slutligen med litet vatten, torkas och rectificieras. 100 gr. allylalkohol ge 60—70 gr. destillerad klorhydrin, oberoende af om man använder lösningsmedel (CCl_4) för allylalkoholen eller ej. Kokpunkt: 184,9—185°,4 vid 769 mm (korr.), (Hübner och Müller: 184°). Spec. vikt vid 20° = *1,359*.

Analys: 0,1661 gr. substans förbrukade efter sönderdelning med alkali 24,44 ccm 0,1051 norm. silfvernitrat, och 0,3687 gr. substans gaf vid förbränning 0,1616 gr. vatten och 0,3770 gr. kolsyra.

	Cl	C	H
Beräknadt:	55,00 %	27,92 %	4,69 %
Funnet:	54,84 »	27,89 »	4,90 »

Evans har gjort några kinetiska försök med en förening, som var framställd ur allylklorid och hypoklorit och hade en kokpunkt af 182—182°,5 vid 738 mm. Angående konstitutionen af den förening, som härvid bildas, ha olika meningar varit rådande. H. von Gegerfelt [2] synes ha gjort de första egentliga försöken att bestämma dess konstitution. Då den bildade råprodukten destillerade tämligen fullständigt mellan 180—183°, drog han den slutsatsen, att α-α_1-föreningen praktiskt taget ej var närvarande. Han bestämde dess spec. vikt till 1,355 vid 17°,5. L. Henry oxiderade den [3] till α-β-diklorpropionsyra, hvarmed dess konstitution ansågs bevisad. Senare säger Henry [4], som svar på en anmärkning af M. Tiffeneau [5], att det ej är uteslutet, att vid addition af hypoklorit till allylklorid äfven α-α_1-formen bildas. Dock håller han för troligt, på grund af förutvarande klors inflytande, att hydroxylen hufvudsakligen anlagras vid CH_2-gruppen.

Frågan huruvida den genom addition af *klor till allylalkohol* erhållna produkten är enhetlig (brom till allylalkohol ger två isomerer [6]), och i hvilka proportioner de båda isomererna bildas vid addition af hypoklorit till allylklorid, torde genom de kinetiska försöken nedan vara afgjord. Här anföres först ett utdrag ur Evans tabell för »α-β-diklorhydrin» (a = b = 0,01, T = 24°,5).

[1] Lieb. Ann. **159**, 179 (1871).
[2] Dito **154**, 247 (1870).
[3] Berichte **7**, 414 (1874).
[4] Centr. bl. 02 I 1316.
[5] Centr. bl. 02 I 1092.
[6] A. Bigot. Ann. chim. phys. [6], **22**, 445 (1891).

TABELL 54 (enl. Evans).

t	$\frac{x}{a-x}$	ac
0,5	0,1514	0,30
1	0,2755	0,27
2	0,4738	0,23
3	0,6642	0,22
5	0,9574	0,19
7	1,190	0,17

(Evans finner själf genom extrapolation till $t = 0$ $c_0 = 32$.) Då trots öfverensstämmelsen i kokpunkter de kinetiska bestämningarna på »α-β-diklorhydrin» gåfvo så olika resultat (jfr koefficienterna nedan), syntes det ej osannolikt, att en preparatförväxling från nämnde autors sida ägt rum, hvarför jag (se nedan sid. 44) äfvenledes bestämt sönderdelningshastigheten för ett af mig ur hypoklorit och allylklorid framställt preparat.

Försöksmetodens användbarhet undersöktes på följande sätt. Att den bildade epiklorhydrinens förmåga att addera syror här kan försummas, visade ett försök, i hvilket ($a = b = 0{,}00765$) efter c:a 1,400 minuter hade förbrukats 8,17 ccm 0,1-norm. natron, om τ var $= 2$ min. (se tab. 4), men 8,13 ccm, om $\tau = 12$ min. Att den fria luftvolymen i kärlen ej hade något inflytande, om den ej uppgick till större värden, än hvad som här användts, visades genom särskilda försök, verkställda vid olika koncentrationer och analoga med dem i tab. 6 ofvan, hvarför det får anses öfverflödigt att här återgifva dem.

Försök med baryt (Tab. 55—56).

TABELL 55.

$a = b = 0{,}03329$. $V = 29{,}57$ ccm.

t	x	c
20	0,00672	0,38
52	0,01208	0,33
115 [1]	0,01669	0,33
300	0,02638	0,38

TABELL 56.

$a = b = 0{,}008270$. $V = 119{,}61$ ccm.

t	x	c
64	0,00156	0,44
114	0,00236	0,42
340	0,00437	0,40
910	0,00648	0,48

Koefficienterna falla något mot midten för att sedan åter stiga. Då reaktionskoefficienten för α-α_1-diklorhydrin är mer än 150 gånger större, är det ju tydligt, att det af mig använda preparatet blott kan innehålla denna förening spårvis. Det af Evans framställda däremot består, om vi sätta koefficienten för α-α_1-föreningen till 75 och vidare antaga det af Evans extrapolerade begynnelsevärdet 32 för hans preparat, till ungefär hälften ($\frac{3}{7}\frac{2}{5}$) af α-α_1-föreningen. Härvid antages då, att man i begynnelseögonblicket kan försumma α-β-föreningens reaktion vid sidan om α-α_1-föreningens, Koefficienterna sjunka i början liksom vid öfriga klorhydriner. (Möjligt är också, att detta förorsakas af närvaron af ett *spår* α-α_1-förening.) Att den stiger

[1] I detta försök var $a = 0{,}03099$, $V = 28{,}61$ ccm.

mot slutet beror på den bildade epiklorhydrinens reaktion med alkali, som går ungefär 20 gånger långsammare än hufvudreaktionen (se nedan sid. 39). Vid α-α_1-föreningens reaktion med alkali kan den tydligen ej göra sig märkbar. Då här äfven andra komplikationer äro tänkbara — direkt utbyte af klor mot hydroxyl — har jag ej ansett det löna mödan att göra mer än de nödvändigaste försöken. Ett par af följande tabeller innehålla kontrolltitreringar med silfvernitrat, hvarvid de mot c_{arg} svarande värdena på x ej äro angifna.

b) *Försök med natron* (Tab. 57—59).

TABELL 57.

a. = b = 0,03131. V = 29,69 ccm.

t	x	c	$c_{Arg.}$
21	0,00634	0,39	0,40
51	0,01102	0,34	0,35
129	0,01809	0,34	0,36
315	0,02495	0,40	—

TABELL 58.

a = b = 0,007647. V = 119,53 ccm.

t	x	c	$c_{Arg.}$
46	(0,00124	0,55)	0,49
100	0,00182	0,41	0,41
180	0,00264	0,38	0,38
310	0,00356	0,37	0,37
497	0,00454	0,38	0,39
905	0,00579	0,45	0,45
1,385	0,00656	0,57	0,59

Öfverensstämmelsen mellan den alkalimetriska och den argentometriska titreringen lämnar intet öfrigt att önska. Baryt och natron verka inom försöksfelen lika, och vid båda uppträda variationer i koefficienterna vid olika koncentrationer med störst värden i utspädd lösning.

TABELL 59.

a = b = 0,03219. V = 30,10 ccm. [NaCl] = 0,033 norm.

t	x	c
24	0,00711	0,37
50	0,01149	0,34
127	0,01887	0,34
301	0,02550	0,39

Klornatrium har i denna koncentration ej någon (åtminstone nämnvärd) effekt.

c) *Försök med kalk.*

TABELL 60.

a = b = 0,02390. V = 40,68 ccm.

t	x	c
25	0,00430	0,37
86	0,00944	0,32
285	0,01675	0,34

Huruvida det här för kalk erhållna något lägre värdet på reaktionskoefficienten möjligen är att tillskrifva försöksfel, har jag ej ansett nödvändigt att söka utröna, då ju i allmänhet ej kalken kommit till användning vid de neutrala klorhydrinerna.

Anm. Reaktionskoefficienterna är blott beräknade med två decimaler, en noggrannhet, som emellertid här får anses som fullt tillräcklig.

6. **Epiklorhydrin.**

$ClCH_2 . CH . CH_2.$

$\diagdown O \diagup$

Preparatet (från Kahlbaum) visade efter dubbel rectifikation kokpunkten $115^0,4$ vid 764 mm.

Analys: 0,1761 gr. substans förbrukade efter sönderdelning med alkali 18,97 ccm 0,1000-norm. silfvernitrat.

	Funnet:	Beräknadt:
Cl	38,20 %	38,34 %.

Försökslösningarna visade efter neutralisation med alkali efter någon tid åter alkalisk reaktion (motsvarande en till två droppar 0,1-norm. alkali för hvarje lösning). Denna egenskap hos epiklorhydrinen att bemäktiga sig klorjoner från saltet och vätejoner från vattnet, försvinner, sedan den en tid stått i *sur* lösning, emedan då epiklorhydrinen relativt snabbt öfvergår i α-monoklorhydrin genom vattenaddition.

Den hastighet, hvarmed klorväte adderas, visas af följande. Vid $25^0,0$ motsvarade 10 ccm af en lösning af ekvivalenta mängder epiklorhydrin och saltsyra:

1	vid	t = 0	timmar	2,20	ccm	0,108-norm.	baryt	
2	»	t = 6,5	»	2,06	»	»	»	»
3	»	t = 30	»	1,90	»	»	»	»

a) *Försök med baryt* (Tab. 61—62).

TABELL 61.

a = b = 0,03181. V = 28,33 ccm.

t	x	c
390	0,00759	0,0253
845	0,01359	0,0277
1425	0,01782	0,0281
4275	0,02580	0,0316

C_0 = c:a 0,024.

TABELL 62.

a = b = 0,01316 . $[BaCl_2]$ = 0,0148-molar. V = 68,32 ccm.

t	x	c
550	0,00244	0,0314
1755	0,00567	0,0327
3345	0,00806	0,0359
7535	0,01070	0,0438

C_0 = c:a 0,030.

b) *Försök med natron* (Tab. 63—64).

TABELL 63.

a = 0,02311. b = 0,03130. V = 39,00 ccm.

t	x	a — x	b — x	c
246	0,00416	0,01895	0,02714	0,0276
842	0,01015	0,01296	0,02115	0,0270
1422	0,01372	0,00939	0,01758	0,0278
4270	0,01982	0,00329	0,01148	0,0271
				C = 0,0274

Vid öfverskott af bas erhålles sålunda en tadellös konstant, medan detta ingalunda är fallet vid öfverskott af klorhydrin.

TABELL 64.

a = 0,03453. b = 0,02261. V = 36,00 ccm.

t	x	a — x	b — x	c
365	0,00619	0,02834	0,01642	0,0281
1062	0,01300	0,02153	0,00961	0,0303
1795	0,01694	0,01759	0,00567	0,0311
3203	0,02054	0,01399	0,00207	0,0390

C_0 = C:a 0,027.

Olika alkalier ha sannolikt samma verkan. Huruvida det ur tab. 62 erhållna högre värdet skall antagas bero på koncentrationsändringen eller neutralsaltets verkan, är oafgjordt. Höjningen af koefficienterna mot slutet af reaktionen (und. tab. 63) kan åtminstone delvis förklaras ur en samtidig sekundär reaktion, addition af vatten till epiklorhydrinen under bildning af monoklorhydrin, hvilken sedan mycket snabbt sönderdelas af alkali. Vid monobrombärnstenssyrans alkaliska sönderdelning påträffade Hj. Johansson[1] liknande förhållanden (samtidiga mono- och bimolekylära reaktioner), och han påpekar där, att ett öfverskott af alkali verkar så, att »gången i konstanterna» försvinner, i det den bimolekylära reaktionen gynnas på den monomolekyläras bekostnad (se här tab. 63). Dessa försök visa också, att i alkalisk lösning (och neutral) epiklorhydrinen endast helt långsamt adderar vatten.

Olikheten mellan denna reaktion och de egentliga klorhydrinernas, såväl hvad koefficienternas utseende som storhetsordning beträffar, är emellertid i ögonen fallande.

7. Glycerinklorhydrinernas bildningssätt.

a) Inledning.

Såsom ofvan i ett par fall har visats, lämnar den alkaliskt-kinetiska metoden synnerligen skarpa resultat, då det gäller att bestämma sammansättningen af en

[1] Zeitschr. phys. Chem. **81**, 574 (1913).

blandning af isomera klorhydriner. Det var af ett stort intresse att utsträcka dylika undersökningar till andra fall än i det föregående behandlade, hvarvid jag då valt bildningen af glycerinens enkla och dubbla klorhydriner. De för tre af dem i rent tillstånd redan föreliggande reaktionskoefficienterna utgjorde grundvalen för bestämningarna.

I själfva verket ha problem af denna art — bestämning af hvilka isomerer, som bildas vid addition af hypoklorit till etylénkolväten eller af klorväte till glycider — sedan åtskilliga årtionden varit föremål för många undersökningar. Det ligger utom ramen för detta arbete att lämna en historik öfver dessa, då de i detta kapitel beskrifna försöken ej beröra rena kolväten (eller inre etrar), om hvilkas förhållande till hypoklorit (resp. klorväte) striden mest har stått [1], utan föreningar af blandad typ. Några antydningar må vara tillfyllest.

Åtskilliga regler ha uppställts, med hvilkas hjälp man på förhand skulle kunna bestämma, hvilken isomer som bildades under bestämda betingelser. Här må som exempel nämnas Krassuski's [2] regel: Vid addition af hypoklorit till étylénkolväten går hydroxylen till den vätefattigare kolatomen, samt Silvas [3] regel: Vid klyfning af en blandad eter med klorväte adderas halogenen till den mindre gruppen. Det må vara tillräckligt att af dem, som arbetat med dessa problem, nämna namnen L. Henry [4], V. Markownikow [5], K. Krassuski [6], A. Michael [7], J. Nef [8] och M. Tiffeneau [9].

Identifieringsmetoderna voro dels af fysikalisk art: kokpunkter, spec. vikter o. s. v., dels af kemisk: oxidation, vattenafspjälkning, reduktion o. s. v., hvarvid senare författare bemödat sig att i största möjliga utsträckning arbeta kvantitativt. Om de kemiska metoderna säger emellertid A. Michael [10] (på tal om ett dylikt fall: klorvätets inverkan på propylénoxid och propénalkohol), att man på kemisk väg ej kan förete bevis för förhandenvaron af en ringa förorening af den ena af de bildade formerna. Att döma af hans på detta ställe publicerade siffror synas de fysikaliska metoderna ej heller vara särskildt tillfredsställande.

En god öfversikt af en del af de kemiska metoderna och de svårigheter, som vid deras tillämpning möter, ger följande citat från M. Tiffeneau och E. Fourneau [11] af ett tämligen sent datum: »La détermination de la constitution des halohydrines a toujours présente de si grandes difficultés que, anjourd'hui encore, la structure des produits d'addition des acides hypochloreux et hypoiodeux sur les divers carbures éthyleniques n'est pas définitivement élucidée.

[1] Dock äfven bildning af klorhydriner ur glykoler.
[2] Centr.-bl. 1901 I 995.
[3] Ann. chim. phys. [5] **7**, 429 (1876).
[4] Afhandl. mest i Bull. Acad. roy. Belgique under 30 års tid (till ung. 1906).
[5] Centr.-bl. 1876, 2.
[6] Dito 07 II, 1319.
[7] Afhandl. i Berichte (t. ex. **39**, 2785 (1906)) och Journ. f. prakt. (t. ex. [2], **60**, 454 (1899)).
[8] Lieb. Annal. **335**, 191 (1904).
[9] T. ex. C. r. **134**, 774 (1902).
[10] Berichte **39**, 2785 (1906).
[11] Bull.-Soc. Chim. France [4], XIII, 971 (1913).

Les méthodes d'oxydation tout d'abord proposées par Henry, pour les chlorhydrines, ne paraissent pas fournir de resultats probants; en tout cas, elles ne sont pas applicables aux chlorhydrines aromatiques, ni aux iodhydrines en général.

Vis-à-vis des iodhydrines (La plupart des chlorhydrines étant transformables en iodhydrines par l'action de l'iodure de potassium, une telle reaction pourrait être généralisée), l'azotate d'argent paraît constituer un reactif précieux pour l'établissement de la constitution de certaines d'entre elles; mais avec les iodhydrines aromatiques, et peut-être également avec d'autres, l'azotate d'argent donne souvent lieu à des réactions transpositrices, ce qui rend impossible toute conclusion objective.

Quant à la méthode de reduction des halohydrines, après éthérification préalable de la fonction alcool, méthode appliquée par l'un de nous [1] à quelques iodhydrines, elle paraît fournir des résultats excellents, mais son emploi n'a pas encore été généralisé». Svårigheten ligger härvid i esterifieringen af alkoholgruppen. Författarna omnämna vidare halogenhydrinernas reaktion med vissa aminer, hvarvid *i allmänhet* den uppkommande aminoalkoholen har kväfvet på den plats, halogenen förut intog. Längre ned visa emellertid författarna, att ett par isomera jodhydriner ge samma aminoalkohol.

Det är i självfva verket förvånande, att ej den redan af Van't Hoff [2] föreslagna kinetiska metoden kommit mera till användning för lösande af isomerispörsmål, sådana som de nyss nämnda. En kinetisk undersökning är i självfva verket, sedan man förvärfvat sig den nödiga tekniken, mycket bekvämare och snabbare än en organiskt-preparativ samt ger, åtminstone i de fall, där den af mig pröfvats, ojämförligt skarpare resultat än dessa och de förut sid. 41 nämnda fysikaliska metoderna. Vid undersökningen af α-monoklorhydrinen har redogjorts för användningen af den alkaliskt-kinetiska metodens praktiska tillämpning. Nedan följa ytterligare fyra exempel på dess användning. I de fall, då ingen af isomererna är känd i rent tillstånd, torde användningen af vissa allmänna lagbundenheter, såsom t. ex. att en primärt bunden kloratom reagerar fortare än en sekundärt bunden o. s. v., kunna tjäna som ledning.

b) Addition af hypoklorit till allylalkohol.

Verkställdes först af L. Henry (enl. Hanriot i Bull. Soc. Chim. t. XXII, 287) och senare af M. Hanriot [3]. De kommo båda till den uppfattningen, att β-monoklorhydrin bildas. Dock håller Hanriot ej detta för alldeles säkert. (Emellertid fann han dess kokpunkt identisk med den ur glycerin framställa β-föreningens.) Henry vill däremot [4] söka göra troligt, att dess konstitution är bevisad (reduktion). Denna uppfattning synas också R. Wegscheider och F. Zmerzlikar [5] haft, som

[1] Tiffeneau, Ann. chim. phys. (8), **10**, 350 (1907).
[2] Van't Hoff-Cohen, Studien zur Chem. Dynamik (1896, sid. 118).
[3] Ann. chim. phys. [5], **17**, 76 (1879).
[4] Centr.-bl. 1897 I, 741.
[5] Dito 1913 II, 1128.

användt ur allylalkohol erhållen monoklorhydrin för framställning af glycerinens symmetriska monoacetin.

Vid min framställning af klorhydrinen arbetade jag enligt det af Hanriot lemnade receptet med en obetydlig, af sistnämnda författare använd modifikation. Den erhållna produkten destillerade vid 13 mm vid 120° mycket konstant (kokp. ej korr.; fri låga). Hanriot uppger 145—146° vid 2 cm.

Analys: I: 0,2305 gr. substans förbrukade efter sönderdelning med alkali 20,00 ccm 0,1045 norm. silfvernitrat.

II[1]: 0,1944 gr. substans gåfvo 0,1100 gr. vatten och 0,2316 gr. kolsyra.

	Beräknadt:	Funnet:
Cl	32,09 %	32,15 %
H	6,38 »	6,33 »
C	32,58 »	32,49 »

Först bestämdes sönderdelningshastigheten med alkali för hela den erhållna substansmängden.

TABELL 65 (Natron).

a = b = 0,01366. V = 69,96 ccm.

t	x	c
3	0,00335	7,92
8	0,00596	7,09
15	0,00771	6,32
54	0,01009	3,83

Den bildade föreningen har, enligt hvad hastighetskoefficienten anger, ungefär samma sammansättning som handelns »α-monoklorhydrin» (jfr tab. 8). Det är möjligt, att proportionerna mellan de båda föreningarna växla något med försöksbetingelserna, *men ren β-klorhydrin lär väl ej under några omständigheter bildas!* Att förhållandena äro analoga med ofvan vid monoklorhydrin beskrifna, visar också följande: Hufvudportionen uppdelades genom *en* destillation med en 5-kulors återloppskylare i två fraktioner: dels några gram af det lägst kokande (I), dels det högst kokande (II) (²/₃ af hela portionen).

Analys på I: 0,1989 gr. substans förbrukade efter sönderdelning med alkali 17,29 ccm 0,1047 norm. silvernitrat.

Analys på II: 0,2714 gr. substans förbrukade likaledes 23,46 ccm 0,1047 n silfvernitrat.

		Beräknadt:	Funnet:
I	Cl	32,09 %	32,27 %
II	»	»	32,09 »

[1] Klorbestämning på hufvudportionen, kol och väte på den fraktion, som användts i tab. 67.

Fraktion I.

TABELL 66 (Natron).

a = b = 0,01346. V = 69,79 ccm.

t	x	c
3	0,00378	9,67
8	0,00668	9,15
15	0,00849	8,47
54	0,01097	6,06

Fraktion II.

TABELL 67 (Natron).

a = b = 0,01356. V = 69,88 ccm.

t	x	c
3	0,00299	6,96
8	0,00538	6,06
15	0,00706	5,34
54	0,00932	3,00

Att den vid addition af hypoklorit till allylalkohol erhållna produkten utgöres af en blandning af två isomerer, är tydligt. För att kunna afgöra, i hvilka proportioner de förekomma, är det nödvändigt att känna reaktionskoefficienten för ren β-förening. Det har ej saknats försök (Wegscheider) att framställa denna på andra sätt än det ofvan angifna. Här må omnämnas en metod, som synts mig möjlig, fast den ännu ej gifvit positiva resultat. α-α_1-Diklorhydrin (*ren*, ur epiklorhydrin, se nedan) öfverföres i α-α_1-diacetin genom upphettning med natriumacetat[1], diacetinen esterifieras med klorväte enligt M. Darzens[2] (Wegscheider har för denna operation användt svafvelklorur, hvarvid emellertid flera produkter uppstå), och det erhållna β-klorhydrindiacetatet hydrolyseras på lämpligt sätt (exempelvis med metylalkoholisk saltsyra). Emellertid synas, enligt flera af mig verkställda försök, ej heller på detta sätt enhetliga produkter uppstå.

c) Addition af hypoklorit till allylklorid.

Syntesens historik är i korthet lämnad å sid. 36 och 37, där också Evans' mätning med den af honom erhållna produkten är återgifven. Som ofvan påpekats, förelåg emellertid möjlighet, att preparatförväxling ägt rum, hvarför här en serie verkställts med en enligt den af H. Gegerfelt[3] beskrifna metoden framställd substans. En blick på tab. 54 visar, att mätningen af Evans blott utsträckts till ungefär half omsättnig, hvilket för ifrågakommande ändamål ej var fullt tillfredsställande.

Råprodukten kokade nästan utan återstod inom två graders intervall, och den till serien nedan använda, ytterligare två gånger destillerade produkten vid 182°—182,5° (776 mm, term. korr., i ångan). Den hade neutral reaktion.

Analys: 0,1675 gr. förbrukade efter sönderdelning med alkali 24,74 ccm 0,1047-norm. silfvernitrat.

Cl. Beräknadt: 55,00 %. Funnet: 54,84 %.

TABELL 68 (Natron).

a = b = 0,01347. V = 69,80 ccm.

t	x	c
4	0,00476	10,1
12	0,00524	3,94
60	0,00624	1,07
418	0,01001	0,514

[1] Wegscheider och Zmerzlikar l. c.

[2] C. r. **152**, 1314 (1911).

[3] Berichte **6**, 720 (1873).

Resultatet är otvetydigt. Extrapoleras till $t = 0$, blir $c_0 = 25$, alltså i någorlunda öfverensstämmelse med Evans, som har $c_0 = 32$. Det är därför märkligt, att den af honom för half omsättning $\left(\frac{x}{a - x} = 1{,}2\right)$ funna konstanten ännu är så stor som 17, medan den här är mindre än 1!

d) Addition af klorväte till glyceringlycid.

Så vidt jag kunnat finna, är A. Bigot [1] den ende, som undersökt inverkan af syror (klor-, blom- och jodväte o. s. v.) på glyceringlycid. Han erhöll med klorväte en monoklorhydrin, som kokade vid 125° vid 8 mms tryck, och har, utan att egentligen uppgifva skälen, tillskrifvit den α-konstitution.

Syntesen utfördes på följande sätt: 9 gr. glycid löstes i absolut eter, och torrt klorväte inleddes i en långsam ström under ett par timmars tid (kylning med vatten). Härunder grumlas vätskan och delar sig slutligen i två skikt. Då det undre skiktet ej mer ökades, afbröts klorväteströmmen, hvarpå efter några timmar etern afdestillerades i vacuum och återstoden ställdes med alkali i vaccuum. Redan råprodukten visade konstant kokpunkt: 129° vid 19 mm. (ej korr.).

Analys å två gånger destillerad substans (6 gr.): 0,2447 gr. förbrukade, sönderdeladt med alkali, 21,15 ccm 0,1045-norm. silfvernitrat.

Cl Beräknadt: 32,09 %. Funnet: 32,03 %.

Försök med natron (Tab. 69—70).

TABELL 69.

$a = b = 0{,}01365$. $V = 69{,}95$ ccm.

t	x	c
2	0,00302	10,4
5	0,00550	9,89
15,5	0,00897	9,06
38	0,01093	7,75

TABELL 70.

$a = b = 0{,}00697$. $V = 145{,}57$ ccm.

t	x	c
4	0,00167	11,3
10	0,00296	10,6
27	0,00445	9,38
70	0,00556	8,09

Renhetsgraden motsvarar ungefär fraktion IV i tab. 11 sid. 22. I hvarje fall är det ej ren α-monoklorhydrin, som uppkommer vid addition af klorväte till glyceringlycid.

e) Addition af klorväte till epiklorhydrin.

Redan M. Reboul [2], som först försökte denna framställningsmetod för diklorhydrin, anmärker i förbigående, att den erhållna produkten visade en ovanligt konstant kokpunkt. Samma anmärkning göra bl. andra också H. Hübner och

[1] Ann. chim. phys. [6], **22**, 487 (1891).

[2] Ann. chim. phys. [3], **60**, 5 (1860).

K. Müller [1], som säga: »Man hat selten Verbindungen, die beständiger sieden als diese.» Att reaktionen mellan klorväte och epiklorhydrin gaf upphof åt blott en förening, synes man sålunda från början ha varit ense om. Vid inverkan af klorväte på glycerin i isättiklösning skulle däremot två föreningar bildas. Medan några författare (B. Tollens [2], Müller och Hübner [3]) ville identifiera dessa med de båda isomera diklorhydrinerna och bevisa detta genom analyser (Müller och Hübner), lyckades V. Markownikoff [4] ur de högre kokande fraktionerna, som reagera de trögare med alkali, isolera en acetodiklorhydrin. Han sökte också genom oxidationsförsök ådagalägga, att ingen α-β-diklorhydrin fanns i reaktionsprodukten. Antagligen innehåller den mellan 174—184^0 kokande delen alla tre föreningarna.

Hübner och Müller ha [3] beskrifvit syntesen ifråga: epiklorhydrin behandlas först med konc. saltsyra, sedan med gasformig, hvarpå värmes, utsaltas, torkas och destilleras. Följande sätt ger emellertid också tillfredsställande resultat: Till 2$^1/_2$ volym konc. saltsyra, som hålles kyld med kallt vatten, sättes långsamt 1 volym epiklorhydrin. Efter c:a $^1/_4$ timme utspädes med vatten samt extraheras några gånger med eter. Epiklorhydrin ger enligt denna metod ungefär sin lika vikt diklorhydrin. Kokp. 175,5—176^0,0 (termometer i ångan, korr.) vid 773 mm.

Analys: 0,2066 gr. förbrukade efter sönderdelning med alkali 30,51 ccm 0,1047-norm. silfvernitrat, och 0,1135 gr. gåfvo vid förbränning 0,0496 gr. vatten och 0,1157 gr. kolsyra.

	Beräknadt:	Funnet:
Cl	55,00 %	54,83 %
C	27,91 »	27,80 »
H	4,69 »	4,89 »

I följande tabeller (71—72) visas sönderdelningshastigheten i alkalisk lösning.

Försök med natron.

TABELL 71.

a = b = 0,01310. V = 69,49 ccm.

t	x	c
1	0,00642	73,3
2	0,00867	74,7
3,5	0,01013	74,4
7	0,01135	70,7

TABELL 72.

a = b = 0,006545. V = 144,88 ccm.

t	x	c
1	0,00226	80,5
2	0,00330	77,9
5	0,00468	76,7
10	0,00547	77,7

Tabellerna 71 och 72 visa praktiskt taget oklanderliga koefficienter af andra ordningen, hvarvid dock är att märka, att mätningarna egentligen blott ligga på senare hälften af omsättningen, och att därför denna substans mycket väl skulle kunna — om reaktionen kunde undersökas i hela sitt förlopp — uppvisa samma

[1] Lieb. Ann. **159**, 176 (1871).
[2] Zeitschr. für Chemie 1869, 174 (enl. Markownikoff).
[3] L. c.
[4] Lieb. Ann. **208**, 352 (1881).

sjunkande af koefficienterna som de öfriga klorhydrinerna. Koefficienterna stiga också med utspädningen, här som annorstädes vid dessa substanser. I hvarje fall är den ur epiklorhydrin och saltsyra beredda α-α_1-diklorhydrinen fri från isomeren, ty redan spår af denna borde vara märkbar i hastighetskoefficienten, som för den osymmetriska formen är så betydligt mycket mindre. Den till mätningarna sid. 34 använda är däremot ej fullt ren. Om vid denna α-β-föreningen eller något acetylderivat utgör föroreningen, kan ej afgöras, beror för öfrigt också på framställningsmetoden.

I här undersökta fall förhålla sig additionerna af klorväte till glycider och af hypoklorit till etylénföreningar väsentligt olika. Klorvätet anlagrade sig så, att en eller åtminstone i det allra närmaste endast en af de möjliga isomererna uppstod, medan hypoklorit och omättade föreningar gåfvo blandningar, som innehöllo dessa i något så när lika mängder. J. Nef har [1], med anledning af en undersökning af reaktionen mellan propylénoxid och klorväte, uttalat den uppfattningen, att i allmänhet HX anlagras till glycider och deras derivat *uteslutande* under bildning af α-X-föreningar, en uppfattning, som A. Michael [2] bestridt, i det han vid en jämförelse mellan ren $CH_3 . CHOH . CH_2Cl$ och nyssnämnda additionsprodukt fann en differens af 1 grad i kokpunkterna och 2 enheter i tredje decimalen af spec. vikterna. Exemplet är belysande för här mötande svårigheter!

8. Sammanfattning af resultaten.

1) Olika baser ha i stort sedt samma verkan vid de här undersökta fyra neutrala klorhydrinernas alkaliska sönderdelning. Dock förekomma smärre, vid olika substanser mer eller mindre framträdande olikheter i verkningarna af baryt och natron, olikheter, som äro mera utpräglade än fallet är vid esterhydrolysen med olika baser, men dock af underordnad betydelse.

2) Reaktionen mellan de neutrala klorhydrinerna och alkali kan i det närmaste återges med den bimolekylära ekvationen, hvarvid följande är att märka:

a) Reaktionskoefficienterna äro större i utspädd lösning än i mera koncentrerad. Genom tillsats af neutralsalter kunde göras troligt, att i vissa fall dessa variationer berodde på ändringar i basens dissociation.

b) Koefficienterna sjunka under reaktionens lopp med ungefär 10 % af sitt värde $\left(\text{från } x = \frac{a}{5} \text{ till } x = \frac{4a}{5}\right)$, om de reagerande substanserna äro i ekvivalenta mängder, annars vanligen mindre.

---

[1] Lieb. Ann. **335**, 191 (1904).

[2] Berichte **39**, 2785 (1906).

Dessa under a) och b) anmärkta förhållanden, som svårligen finna sin förklaring enbart i basens ändrade dissociationsförhållanden (jfr esterhydrolysen), synas tyda på, *att reaktionsmekanismen ej är den, som af den enklast möjliga formeln angifves.* Då klorhydrinerna äro svagt sura substanser, innehåller deras alkaliska lösning alltid en viss — låt vara obetydlig — mängd klorhydrinanioner, hvilkas sätt och förmåga att reagera äro okända. Att reaktionen mellan alkali och klorhydriner är reversibel torde praktiskt vara utan betydelse. (Undersökningen är i hvarje fall ej verkställd på ett sätt, som gör den lämplig för en rent matematisk utredning af reaktionens mekanism. Härtill skulle erfordrats ett större antal bestämningar i hvarje serie.)

3) Vid inverkan af klorväte på två- eller flervärda alkoholer eller på glycider och af hypoklorit på omättade föreningar uppkomma produkter, hvilkas sammansättning på rent kemisk väg eller med vanliga fysikaliska metoder är svår att bestämma. Genom alkaliskt-kinetiska försök har i fem fall här uppnåtts skarpa resultat angående sammansättningen af dylika isomeriblandningar, både kvalitativt och i vissa fall äfven kvantitativt [1]. Resultaten voro härvid delvis i strid med äldre åsikter.

I sin lärobok i teoretisk kemi [2] har W. Nernst under rubriken »Reaktionsgeschwindigkeit und Konstitution» framfört Evans' här ofta citerade arbete: »Über die Abspaltungsgeschw. von Chlorwasserstoff aus Chlorhydrinen und ihre Beziehung zur stereochemischen Konstitution» som ett exempel på en framgångsrik användning af »principen om den intramolekylära reaktionen». Ehuru ju ett problem sådant som det nyss nämnda ligger utanför ramen af detta arbete, kan det kanske med utgångspunkt från här vunna erfarenheter vara skäl att erinra om följande.

Evans fann ett samband mellan reaktionshastigheterna och de afstånd, som de af honom uppställda stereokemiska formelbilderna angåfvo mellan kloren och hydroxylen. De med hvarandra jämförda klorhydrinerna ha emellertid ej alltid analog konstitution: i ett fall sitter kloren primärt bunden, i ett annat sekundärt o. s. v., en omständighet, som ej kan vara utan inflytande. Den af Evans uppställda rymdformeln gifver också i de flesta fall identiskt samma afstånd mellan klor och hydroxyl för de isomera föreningarna, hvilkas sönderdelningshastigheter dock kunna vara afsevärdt olika.

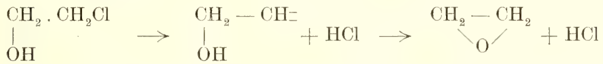
Vidare äro de af Evans' undersökta substanserna, såsom förut påpekats, på ett undantag när (α-α_1-diklorhydrin) ej rena, enligt hvad reaktionskoefficienterna ge vid handen. Huru pass säkra de slutsatser äro, som kunna dragas ur de erhållna siffrorna, visas t. ex. af nedanstående. Förhållandet mellan reaktions-

[1] Se ofvan sid. 37 och 47.

[2] 6:te uppl. sid. 567.

koefficienterna vid α-α_1-diklorhydrins och α-β-diklorhydrins alkaliska sönderdelning hade af Evans bestämts till ungefär $2^1/_2$, medan ofvan gjorts troligt, att det rätta värdet är 150! Just om dessa säger emellertid Evans: »Der Hauptunterschied zwischen dem α- und β-Dichlorhydrin scheint daher darin zu liegen, dass, während bei dem ersten beide Chloratome ohne innermolekularen Platzwechsel austreten können, in dem zweiten dies nur mit dem einen Chloratome geschehen kann.» Medgifves alltså i anslutning till Evans den *konfigurativa* öfverensstämmelsen, skulle man ju kunna säga, att siffran 150 illustrerar betydelsen af det *konstitutiva* inflytandet, till hvilket, som nämnts, ingen hänsyn tagits. I α-α_1-diklorhydrinen reagerar en primärt, i α-β-diklorhydrinen en sekundärt bunden kloratom, och skillnaden i deras alkaliska sönderdelningshastighet är lika stor eller större än den, som enligt Evans betingas af stereokemiska förhållanden.

Anm. Kanske bör i ett arbete som detta, hvilket har till föremål reaktionen mellan alkali och klorhydriner, J. Nefs uppfattning om reaktionsmekanismen härvidlag ej blifva onämnd. Vid alkylhaloiders omsättning uppträder enligt honom en metyléndissociation som det primära stadiet. Ta vi som exempel etylénklorhydrinen, blir schemat: [1]



Den primärt bildade oxyetylidénen öfvergår genom intramolekylär omlagring i etylénoxid. »Alkalit tjänar blott till att upptaga halogenvätet». Det förefaller ju från kinetisk synpunkt vara en egendomlig tillfällighet, att det af formlerna ofvan åskådliggjorda förloppet skall kunna återges med ett bimolekylärt schema, som åtminstone vid syrorna ger utmärkt god öfverensstämmelse. Detta talar nästan snarare till förmån för den motsatta hypotesen, att en *addition* (mellan hydroxyl och klorhydrin) är det primära stadiet och det egentliga tidsförloppet [2]; den senare fasen vore då sönderfallandet af den bildade additionsprodukten — mer eller mindre momentant.

---

[1] Lieb. Annal. **318**, 34 (1901) och **335**, 196 (1904).
[2] (Se också ofvan sid. 48).

IV. Klorhydrinsyror.

1. Inledning.

Den alkaliska sönderdelningshastigheten har bestämts för följande klorhydriner med syrekaraktär: 1) *Kloräpplesyra*, 2) *α-oxi-β-klorpropionsyra*, 3) *α-oxi-β-klorsmörsyra*, 4) *α-oxi-β-klorisosmörsyra*, 5) *α-oxi-β-klorfenylpropionsyra*, 6) *α-klor-β-oxismörsyra* och 7) *α-klor-β-oxifenylpropionsyra*. Af dessa är en tvåbasisk, de öfriga enbasiska, och af dessa ha åter fyra kloren i β- och två i α-ställning. Bevisen för deras konstitution lämnas vid den speciella redogörelsen för de olika syrorna.

Redan i inledningen till detta arbete har (sid. 7) framhållits de allmänna resultat, till hvilka den kinetiska behandlingen utaf syrorna 1), 2) och 7), förut publicerad i Zeitschr. f. physik. Chem. **81**, 358 (1912), hade ledt: *Den undersökta tvåbasiska syran intog en särställning i förhållande till de båda enbasiska, och de katalytiska fenomenen voro mindre utpräglade vid syran med kloren i α- än vid den med kloren i β-ställning.*

Den *första* af dessa allmänna slutsatser hade bekräftats vid en öfverblick af det från annat håll (Holmberg, Johansson) samlade experimentella materialet (se ofvan sid. 9) öfver »Kationkatalys». Nedan visas dock, att gränsen mellan en- och tvåbasiska syror ej är skarp [1] (jfr kloräpplesyra och α-oxi-β-klorisosmörsyra).

Angående den *senare* slutsatsen tillät detta material ej något bestämdt uttalande, och detta framför allt på grund däraf, att halogensubstituerade syror i allmänhet ej som klorhydrinsyror reagera efter samma reaktionstyp, om halogenen sitter i α-, som då den sitter i β-ställning, och att man ej à priori kunde anse *ett* slags reaktioner jämförliga med sådana af ett annat slag. Det var därför så mycket mera skäl att just vid de enbasiska klorhydrinsyrorna utsträcka undersökningen så långt, som af praktiska skäl var möjligt [2].

---

[1] Skillnaden mellan två- och envärda joners verkningar tyckes dock vara större vid den här undersökta tvåbasiska syran än vid någon af de enbasiska.

[2] Ursprungligen hade förf. tänkt att låta undersökningen omfatta äfven α-klor-β-oxiisosmörsyra samt α-klor-β-oxipropionsyra, men af skäl, som nedan nämnas, har detta ej låtit sig göra. Relativt lätt tillgängliga äro äfven ett par nitrofenylklormjölksyror. Då emellertid redan fenylklormjölksyrorna själfva sönderdelas så hastigt, att reaktionerna stå på gränsen af det experimentellt mätbara, är detta antagligen i än högre grad fallet med motsvarande nitrerade derivat, eftersom sönderdelningshastigheten i alkalisk lösning stiger med molekylvikten.

En jämförelse mellan de två α-klorsyrorna å ena och de fyra β-klorsyrorna å andra sidan med afseende på deras alkaliska sönderdelning bekräftar det ofvan nämnda antagandet om skillnaden mellan de två syretyperna, medan syrorna af analog konstitution inbördes visa stor öfverensstämmelse. *Skarpast är måhända nämnda differens uttryckt däri, att vid α-klorsyrorna kalk och baryt ha identisk eller i det närmaste identisk verkan, medan vid β-klorsyrorna kalk alltid verkar starkare, men differensen återfinnes också däri, att ändringarna med koncentrationen af basernas verkningar äro mindre vid de förra än vid de senare.* Då α-derivaten äro åtskilligt starkare syror, skulle man möjligen kunnat vänta, att vid de olika syrorna af samma konstitution kationkatalysfenomenen och dissociationskonstanterna skulle visa ett visst samband, och detta så, att ju större dissociationskonstant, ju mindre utpräglade katalysfenomen. Emellertid är skillnaden i styrka mellan syrorna af *samma* typ så ringa, att någon dylik lagbundenhet ej har kunnat fastslås. Af en antydan i denna riktning, nämligen att den af β-klorsyrorna, som är den svagaste af alla, α-oxi-β-klorisosmörsyran, visar de katalytiska egendomligheterna i mest prononcierad form, torde ingen slutsats kunna dragas. Af de båda α-klorsyrorna har den ena en metyl-, där den andra har en fenylgrupp. De äro emellertid nästan identiskt lika starka, förete också den största likhet sinsemellan.

Anm. Teoretiskt vore en parallellism mellan dissociationskonstant och katalytisk effekt ej mer öfverraskande än det af H. Snethlage[1] vid undersökning af diazoättikesters katalytiska sönderdelning med syror upptäckta sakförhållandet, att kvoten af den *odissocierade syremolekylens* och *vätejonens* katalytiska verkan alltid var större för en syra med större affin.-konstant. Det vore väl då också möjligt, att affinitetskonstanten kvalitativt kunde angifva förhållandet mellan en *odissocierad saltmolekyls* och dess *anions* katalytiska inflytande (låt vara, att man i detta fall har en någorlunda antaglig föreställning om katalysens väsen). Skillnaden mellan den odissocierade syremolekylen och saltmolekylen är blott en atom i en större komplex. — Rent steriskt sedt sammanhänger olikheten mellan α-klor- och β-klorsyrornas förhållande med karboxylens (den elektriska laddningens) större eller mindre afstånd från den plats, där ingreppet i molekylkomplexen sker[2].

I inledningen har redan nämnts, att resultaten äro beräknade både enligt den empiriska exponentialformeln och efter den lineära. Beträffande detaljerna i de katalytiska fenomenen hänvisas till tabellerna och de öfversikter, som för hvarje syra är gjord, dels ock till den allmänna sammanfattning, som afslutar denna afdelning af arbetet. Här må blott anmärkas, att talrika fenomen uppträda, som ännu ej låta behandla sig från någon enhetlig synpunkt, utan blott ha karaktären af oregelmässigheter.

Det är ju självklart, att en undersökning af ett så pass stort material som det här föreliggande ej öfverallt kunnat genomföras i den bredd, som skett vid de två först bearbetade syrorna, kloräpplesyra och β-klormjölksyra. Dylikt vore också öfverflödigt. Vid de två nämnda syrorna har för *hvarje bas i detalj* giltigheten och räckvidden af formlerna — äfven vid tillsats af neutralsalter — konstaterats. Vid de senare har därför blott två à tre serier för hvarje bas utförts och inga serier

[1] Zeitschr. physik. Chem. **85**, 211 (1913).

[2] Jfr B. Holmberg, Sv. Kem. Tidskr. **24**, 94 (1912).

med tillsats af neutralsalter. Däremot har jag ansett det vara af en viss vikt att öfverallt göra undersökningar med minst tre baser och af de vid nämnda syror använda uteslutit kali, hvars effekt ofta så obetydligt skiljer sig från natronets, att differenserna äro af försöksfelens storlek. Af större intresse är då dels förhållandet mellan två- och envärda metalljoners effekt, dels förhållandet mellan kalkens och barytens verkningar.

För sex af de undersökta syrorna har dissociationskonstanten bestämts. För en var detta ej möjligt, då den redan i vattenlösning vid 25° tämligen snabbt gick sönder. Dessa bestämningar, i vissa fall behöfliga för syrornas säkra konstitutionsbestämning, ha för öfverskådlighetens skull alla sammanförts på ett ställe efter de kinetiska tabellerna.

2. **Kloräpplesyra.**

HOCO . CHOH . CHCl . COOH.

Framställning enligt W. Lossen och W. Schörk [1]. Fumarsyradt natron behandlas med klor, och kloräpplesyran isoleras som bariumsalt. Jag fann, att reaktionen var färdig efter två timmar, vidare hade bariumsaltet under tubinering afskiljts på $1^{1}/_{2}$ timme. Dess vikt var blott hälften af den teoretiska. Det behandlades med saltsyra i beräknad mängd, och den frigjorda syran utdrogs med eter. På detta sätt erhållen, var den efter eterns afdunstning erhållna produkten redan efter några timmar kristallinisk, under andra betingelser erhöll jag understundom eterextrakt, som först efter ett par månader kristalliserade, och äfven då ej fullständigt. Syran renas bäst genom upprepad fällning med ligroin ur en eter-kloroformlösning (1 : 3). Ur eter fäller ligroin blott en olja. Smältpunkt 146° (ej korr.). Lossen och Schörk [2] funno 143°.

Analys: 0,1000 gr. substans förbrukade vid neutralisering 11,28 ccm 0,10496-norm. natron och 0,1498 gr. efter sönderdelning med alkali 8,84 ccm 0,0999-norm. silfvernitrat.

	Ekvivalentvikt	Cl
Funnet:	84,46	20,91 %
Beräknadt:	84,25	21,04 »

Lossen och Schörk ha visat, att vid inverkan af alkalier på denna syra en glycid, fumarylglycidsyran, bildas. Fumarylglycidsyrad baryt är svårlöslig. Emellertid uppstod i de vid försöken med denna bas använda koncentrationerna ej i något fall fällning.

Fumarylglycidsyran adderar under förhandenvarande betingelser ytterst långsamt, nästan knappt, syror. Vid försöken användes på en mol syra tre ekvivalen-

[1] Lieb. Annal. **348**, 273 (1906).
[2] L. c. sid. 283.

ter bas, då ju enligt reaktionsformeln en mol salt motsvarar en ekvivalent alkali och syran är tvåbasisk.

Anm. Möjligt var, att den oljartade syran utgjorde en blandning af de stereoisomera kloräpplesyrorna. Jag försatte därför dess lösning i eter-kloroform med ligroin till opalescens, hvarvid dels små nålar, rosettformigt ordnade och ogenomskinliga, dels större, klara prismor så småningom afskiljdes. Nålarna afpressades mellan filtrerpapper och fälldes som ofvan. Smp 146° (skarpt). Prismorna smälte i regel vid ungefär 140°, det renaste profvet vid 140—141°. Analys på ett prof gaf Ekvivalentvikt = 84,9 och Cl = 21,3 %. På grund af olikheten i kristallform och smp. antog jag till en början, att här förelåg den andra isomeren[1]. Tillfälligtvis i besittning af en något större kvantitet, bestämde jag emellertid senare dess sönderdelningshastighet med baryt vid två koncentrationer och fann då öfverensstämmelse med tidigare mätningar (3 % högre värde i båda fallen). Olikheten i kristallform är väl, om man får döma af analysen, att tillskrifva någon inblandning af en diklorbärnstenssyra.

a) *Försök med baryt* (Tab. 73—79).

TABELL 73.

a = b = 0,01625. V = 36,52 ccm.

t	x	c
2	0,00551	15,8
4,5	0,00871	15,8
10	0,01160	15,4
22	0,01379	15,7
		c = 15,7

TABELL 74.

a = b = 0,01050. V = 56,52 ccm.

t	x	c
2	0,00237	13,9
5	0,00431	13,3
12	0,00662	13,5
30	0,00851	13,6
		c = 13,6

TABELL 75.

a = b = 0,007756. V = 76,52 ccm.

t	x	c
3	0,00173	12,4
8	0,00330	11,9
16	0,00471	12,4
40	0,00613	12,1
		c = 12,2

TABELL 76.

a = b = 0,005093. V = 116,52 ccm.

t	x	c
6	0,00122	10,3
10	0,00179	10,6
21	0,00269	10,5
30	0,00316	10,7
45	0,00361	10,6
		c = 10,5

[1] Zeitschr. physik. Chem. 81. 359 (1912).

Följande tre försök ha utförts under tillsats af *bariumklorid.*

TABELL 77.

$a = b = 0{,}007756$. $[BaCl_2] = 0{,}01274$-mol. $V = 76{,}52$ ccm.

t	x	c
2	0,00151	15,6
4,5	0,00282	16,3
9	0,00410	16,1
22	0,00572	16,5
		c = 16,1

TABELL 78.

$a = b = 0{,}007756$. $[BaCl_2] = 0{,}00637$-mol. $V = 76{,}52$ ccm.

t	x	c
3	0,00192	14,1
9	0,00380	13,8
31	0,00593	13,5
		c = 13,8

TABELL 79.

$a = b = 0{,}005093$. $[BaCl_2] = 0{,}01674$-mol. $V = 116{,}52$ ccm.

t	x	c
3,5	0,00113	16,0
10	0,00222	15,2
30	0,00363	16,2
31	0,00365	16,1
		c = 15,9

Tab. 80 innehåller en sammanställning af försöken med baryt. c är den funna konstanten. c_d och c_{PQ} äro beräknade ur: $c_d = 44{,}0 . [ba]^{0,341}$ och $c_{PQ} = 8{,}8 + 145 . [ba]$ [1].

Sammanställning af försök med baryt.

TABELL 80.

Tab.	a = b	[ba]	c	c_d	c_{PQ}
73	0,01625	0,04875	15,7	15,7	15,9
77	0,007756	0,04874	16,1	15,7	15,9
79	0,005093	0,04876	15,9	15,7	15,9
78	0,007756	0,03600	13,8	14,2	14,0
74	0,01050	0,03150	13,6	13,5	13,4
75	0,007756	0,02326	12,2	12,2	12,2
76	0,005093	0,01528	10,5	10,6	11,0

Båda fomlerna återge här försöksresultaten med ungefär samma noggrannhet.

[1] Vid beräkning af konstanterna i dessa ekvationer har ej minsta kvadratmetoden användts. Värdena på C och [M·] ha parvis sammanförts, och ur de erhållna resultaten mediet tagits.

b) *Försök med natron* (Tab. 81—88).

TABELL 81.

a = b = 0,03499. V = 16,96 ccm.

t	x	c
2	0,01102	6,57
3	0,01411	6,44
9	0,02302	6,11
18	0,02754	5,87
		c = 6,25

TABELL 82.

a = b = 0,02201. V = 26,96 ccm.

t	x	c
2	0,00432	5,55
5	0,00821	5,41
12	0,01285	5,31
30	0,01713	5,32
		c = 5,40

TABELL 83.

a = b = 0,01606. V = 36,96 ccm.

t	x	c
3	0,00310	4,96
10	0,00704	4,86
20	0,00988	4,98
40	0,01238	5,24
		c = 5,01

TABELL 84.

a = b = 0,007711. V = 76,96 ccm.

t	x	c
7	0,00142	4,18
20	0,00290	3,92
45	0,00454	4,13
110	0,00601	4,18
		c = 4,10

TABELL 85.

a = b = 0,005074. V = 116,96 ccm.

t	x	c
14	0,00107	3,75
35	0,00199	3,64
70	0,00288	3,70
210	0,00399	3,47
		c = 3,64

Följande tabeller visa verkan af tillsatt *klornatrium och natriumnitrat.*

TABELL 86.

a = b = 0,02201. [$NaNO_3$] = 0,03679. V = 26,96 ccm.

t	x	c
2	0,00467	6,12
5	0,00895	6,23
10	0,01273	6,23
30	0,01752	5,91
		c = 6,12

TABELL 87.

a = b = 0,02201 [NaCl] = 0,03677. V = 26,96 ccm.

t	x	c
2	0,00475	6,25
4	0,00771	6,12
8	0,01152	6,24
25	0,01655	5,91
		c = 6,03

TABELL 88.

a = b = 0,01042. [$NaNO_3$] = 0,03482. V = 56,96 ccm.

t	x	c
4	0,00188	5,28
12	0,00433	5,69
11	0,00422	5,44
25	0,00601	5,23
70	0,00829	5,34
		c = 5,40

Följande tabell innehåller en sammanställning af resultaten af försöken med natron och beräkningar dels efter exponential-, dels efter den lineära formeln (se sid. 54).

Sammanställning af försök med natron.

TABELL 89.

Tab.	a = b	[Na]	c	c_{PQ}	c_d
81	0,03499	0,1050	6,25	6,31	6,15
86	0,02201	0,1028	6,12	6,25	6,11
87	0,02201	0,1028	6,03	6,25	6,11
88	0,01042	0,06608	5,40	5,33	5,41
82	0,02201	0,06603	5,40	5,32	5,41
83	0,01606	0,04818	5,01	4,87	4,96
84	0,007711	0,02313	4,10	4,24	4,04
85	0,005074	0,01522	3,64	4,04	3,60

$c_{PQ} = 3{,}66 + 25{,}2$ [Na], och $c_d = 11{,}48\ [Na]^{0,277}$.

Som synes är öfverensstämmelsen enligt exponentialformeln något bättre, särskildt vid de två lägsta metalljonkoncentrationerna.

c) *Försök med kali.*

TABELL 90 (Tab. 90—92).

a = b = 0,01991. V = 29,80 ccm.

t	x	c
3	0,00510	5,76
7	0,00884	5,73
15	0,01259	5,76
50	00,1692	5,70
		c = 5,74

TABELL 91.

a = b = 0,009924. V = 59,80 ccm.

t	x	c
1,93	0,00186	4,70
14	0,00388	4,61
33	0,00593	4,54
76	0,00766	4,49
		c = 4,59

TABELL 92.

a = 0,01279. b = 0,02558. $[K_2SO_4]$ = 0,02442 mol. V = 46,40 ccm.

t	x	a — x	b — x	c
2	0,00349	0,00930	0,02209	6,73
3,5	0,00525	0,00754	0,02033	6,67
7	0,00775	0,00504	0,01783	6,37
14	0,01033	0,00246	0,01525	6.32
				c = 6,52

Öfversiktstabellen (93) är beräknad sålunda:

$$c_d = 12{,}80\,[K]^{0{,}286} \text{ och } c_{PQ} = 3{,}93 + 28{,}4\,[K].$$

Sammanställning af försök med kali.

TABELL 93.

Tab.	a	b	[K]	c	c_d	c_{PQ}
92	0,01279	0,02558	0,1000	6,52	6,63	6,77
90	0,01991	= a	0,05973	5,74	5,72	5,63
91	0,00992	= a	0,02977	4,59	4,68	4,77

Äfven här återger exponentialformeln något bättre försöksresultaten.

d) *Försök med kalk* (Tab. 94—97).

På grund af osäkerheten i bestämningarna gjordes här några parallellförsök.

TABELL 94.

a = b = 0,01320. V = 44,96 ccm.

t	x	c
1,5	0,00587	40,5
2	0,00669	38,9
3	0,00815	40,8
6	0,01002	39,8
		c = 40,0

TABELL 95.

a, b och V som i föregående tabell.

t	x	c
1,5	0,00580	39,6
2	0,00667	38,7
3	0,00801	39,0
6	0,01012	41,5
		c = 39,7

TABELL 96.

a = b = 0,006985. V = 84,96 ccm.

t	x	c
1,5	0,00188	35,1
1,6	0,00203	36,7
3	0,00303	36.6
7	0,00443	35,4
7	0,00457	38,6
17	0,00571	37,7
		c = 36,7

TABELL 97.

a = b = 0,004094. V = 144,95 ccm.

t	x	c
1,5	0,000766	37,5
3	0,001301	37,9
7	0,002082	36,1
9	0,002320	35,5
21	0,003138	38,2
		c = 37,0

Af de båda sista bestämningarna framgår, att osäkerheten i bestämningarna vid stora utspädningar är tämligen betydande, och C_{ca} (konstanten för kalciumjonen i exponentialformeln) kan blott angifvas på ett ungefär. Sätter man $d = ^1/_{12}$, fås $C_{ca} = 55$ ungefär. De kinetiska förhållandena vid kalken, jämförda med förhållandena vid öfriga undersökta baser, göra emellertid följande påstående berättigadt: *Om hastighetskoefficienterna vid en bas visa obetydliga — eller inga — ändringar vid varierande koncentrationer, följer ej däraf, att detsamma skall vara fallet vid andra baser, som därför också — under för öfrigt samma betingelser — kunna ha en annan effekt än den första.*

Emellertid är ett sådant fall som detta dock så sällsynt, att det hittills står enstaka bland de undersökta »kationkatalyserna». Det skulle ha erbjudit ett visst intresse att här också undersöka verkan af strontian, men då denna bas för öfrigt ej användts, vore möjligen värdet af en dylik *isolerad* bestämning ej så stor.

Följande tabell lämnar en öfversikt öfver de vid denna syra erhållna specifika konstanterna i exponentialformeln för de olika metalljonerna: c_M[2] — d. v. s. hastighetskoefficienten, när metalljonkoncentrationen är 1 ekvival./liter — samt exponenten *d* i samma formel. För att bättre åskådliggöra förhållandena *inom* det undersökta gebitet har jag här, liksom i det följande, beräknat — i vissa fall grafiskt — hastighetskoefficienten i 0,01-molar lösning för de olika baserna ($c_{0,01}$).

Öfversiktstabell.

TABELL 98.

Bas	Kalk	Baryt	Kali	Natron
d	c:a $^1/_{12}$	0,341	0,286	0,277
c_M	55	44,0	12,8	11,5
$c_{0,01}$	38,5 (c:a)	13,3	4,70	4,35

Exponentialfunktionens giltighet är mest ingående undersökt vid baryt och natron och måste här anses som utmärkt. Den lineära formeln anpassar sig ej fullt så bra efter försöken, särskildt vid lägre koncentrationer. I 0,01-molar lösning verkar kalk 3 gånger kraftigare än baryt och denna åter nära 3 gånger starkare än kali och natron. Slutligen har det förra något större effekt än det senare.

3. **Klormjölksyror.**

a) β-Klormjölksyra.

HOCO . CHOH . CH_2Cl.

Den framställdes enligt den af V. Richter[1] angifna metoden (i obetydligt förändrad form) genom oxidation af epiklorhydrin med konc. salpetersyra. Dess

[1] J. prakt. Chem. [2], **20**, 193 (1879).

[2] $c_M = c[M^{\cdot}]^{-d}$.

konstitution är bevisad af framställningsmetoden. Man erhåller en viktsmängd syra, som motsvarar ungefär halfva den använda klorhydrinmängden. Efter omkristallisation ur benzol var dess smp. 1) 78,°5, 2) 79,°0 (enligt P. MELIKOW[1] 78—79°). Syran är ej hygroskopisk.

Analys: 0,1500 gr. substans behöfde för neutralisation 13,40 ccm 0,08991-norm. kali, och 0,1058 gr. förbrukade efter sönderdelning med alkali 12,19 ccm 0,0999-norm. silfvernitrat.

	Ekvivalentvikt	Cl
Funnet:	124,5	28,63 %
Beräknadt:	124,5	28,48 %

Enligt Melikow[2] bildas vid inverkan af alkoholiskt kali på denna syra glycidsyra. Att alkaliska vattenlösningar här liksom vid den föregående syran lämna samma produkt som alkoholiskt alkali, måste anses för sannolikt. För öfrigt har jag, utan att söka isolera produkten af reaktionen, sökt visa detta på följande sätt: 0,5 gr. syra försattes med 22 ccm. 4-norm. kalilut och sönderdelades i ett fall i köld, i ett annat fall genom uppvärmning på vattenbad en timma. Efter neutralisation tillsattes 2 gr. kristalliseradt klorkalcium, för utfällning af glycerinsyrad kalk. Fällningen var emellertid i båda profven mycket liten. Efter någon tid visade lösningarna alkalisk reaktion, hvarvid den första förbrukade 0,15 ccm, den andra 0,04 ccm 0,1-norm. syra för neutralisation. Äfven i den senare fanns således ännu kvar glycidsyra, hvaraf man också kan sluta, att glycerinsyrebildningen i alkalisk lösning sker ganska långsamt

Additionen af klorväte till glycidsyran i sur lösning försiggår under försöksbetingelserna här mycket långsamt och ofullständigt. Närvaro af klorkalcium synes verka påskyndande. Huruvida denna effekt skall skrifvas på kationens eller anionens (eller bådas) konto, må lämnas därhän. I första fallet skulle emellertid metalljonernas effekt vid klorhydrinsyrors alkaliska sönderdelning särskildt på den grund kunna betecknas som katalytisk, att äfven den omvända reaktionen påskyndas.

Vid försöken användes på en ekvivalent syra två ekvivalenter bas.

a) *Försök med kali* (Tab. 99—102).

TABELL 99.

$a = b = 0{,}03142$. $V = 33{,}23$ ccm.

t	x	c
10	0,00436	0,512
50	0,01393	0,507
100	0,01920	0,500
203	0,02390	0,502
		c = 0,505

TABELL 100.

$a = b = 0{,}01131$. $V = 80{,}17$ ccm.

t	x	c
30,5	0,00144	0,422
120	0,00416	0,429
321	0,00691	0,433
468	0,00783	0,426
		c = 0,428

[1] Berichte **13**, 273 (1880).

[2] Loc. cit.

TABELL 101.

$a = b = 0{,}006963$. $V = 130{,}17$ ccm.

t	x	c
90	0,00144	0,417
232	0,00278	0,412
462	0,00392	0,402
1395	0,00553	0,398
		c = 0,407

TABELL 102.

$a = b = 0{,}007837$. $[KNO_3] = 0{,}0711$. $V = 133{,}23$ ccm.

t	x	c
(60	0,00173	0,602)
160	0,00315	0,536
290	0,00421	0,511
1103	0,00637	0,503
		0,517

Sammanställningen i tab. 103 af försöken med kali är uträknad enligt formlerna:

$$c_d = 0{,}740\,[K]^{0{,}142} \text{ och } c_{PQ} = 0{,}388 + 1{,}70\,[K].$$

Sammanställning af försök med kali.

TABELL 103.

Tab.	a = b	[K]	c	c_d	c_{PQ}
102	0,007837	0,08675	0,517	0,525	0,535
99	0,03142	0,06284	0,505	0,498	0,495
100	0,01131	0,02262	0,428	0,432	0,426
101	0,006963	0,01393	0,407	0,403	0,412

b) *Försök med natron* (Tab. 104—108).

TABELL 104.

$a = b = 0{,}06780$. $V = 15{,}40$ ccm.

t	x	c
9	0,01741	0,566
20	0,02900	0,551
55	0,04578	0,557
100	0,05371	0,562
		c = 0,559

TABELL 105.

$a = b = 0{,}01385$. $V = 75{,}40$ ccm.

t	x	c
60	0,00374	0,448
160	0,00680	0,435
288	0,00876	0,432
541	0,01048	0,415
		c = 0,432

TABELL 106.

$a = b = 0{,}007181$. $V = 145{,}40$ ccm.

t	x	c
124	0,00190	0,405
251	0,00305	0,409
505	0,00428	0,406
1508	0,00585	0,407
		c = 0,407

TABELL 107.

$a = b = 0{,}04111$. $V = 25{,}40$ ccm.

t	x	c
13,5	0,00919	0,519
30	0,01605	0,519
85	0,02665	0,527
200	0,03303	0,497
		c = 0,516

Försök med klornatrium.

TABELL 108.

a = b = 0,01385. [NaCl] = 0,05456-norm. V = 75,40 ccm.

t	x	c
34	0,00270	0,513
90	0,00543	0,518
253,5	0,00896	0,522
568	0,01100	0,491
		c = 0,511

För uträkningen af c_d och c_{PQ} i följande tabell har användts: $c_d = 0{,}749 [Na]^{0{,}149}$ och $c_{PQ} = 0{,}392 + 1{,}40 [Na]$.

Sammanställning af försök med natron.

TABELL 109.

Tab.	a = b	[Na]	c	c_d	c_{PQ}
104	0,06780	0,1356	0,559	0,556	0,582
107	0,04111	0,08222	0,516	0,516	0,507
108	0,01385	0,08226	0,511	0,516	0,507
105	0,01385	0,02770	0,432	0,440	0,431
106	0,007181	0,01436	0,407	0,398	0,412

c) *Försök med kalk* (Tab. 110—112).

TABELL 110.

a = b = 0,01980. V = 32,46 ccm.

t	x	c
9,2	0,00453	1,63
18	0,00753	1,72
30,2	0,01019	1,77
80	0,01446	1,71
		c = 1,71

TABELL 111.

a = b = 0,01138. V = 70,56 ccm.

t	x	c
20	0,00294	1,53
39	0,00447	1,46
106	0,00732	1,50
218	0,00895	1,48
		c = 1,49

TABELL 112.

a = b = 0,005335. V = 150,56 ccm.

t	x	c
41	0,00114	1,24
98	0,00205	1,19
217	0,00310	1,20
500	0,00405	1,18
		c = 1,20

Försöken med kalk äro i följande tabell sammanförda: $c_d = 4{,}09\ [ca]^{0{,}270}$ och $c_{PQ} = 1{,}01 + 17{,}6\ [ca]$.

Sammanställning af försök med kalk,

TABELL 113.

Tab.	a = b	[ca]	c	c_d	c_{PQ}
110	0,01980	0,03960	1,71	—	—
111	0,01138	0,02276	1,49	1,47	1,41
112	0,00533	0,01067	1,20	—	—

Beräkningen af konstanterna är utförd med reaktionskoefficienterna 1,71 och 1,20 och ur dessa den mellersta beräknad.

d) ***Försök med baryt*** (Tab. 114—117).

TABELL 114.

a = b = 0,03559. V = 29,27 ccm.

t	x	c
4	0,00392	0,868
15	0,01182	0,932
35	0,01902	0,922
96	0,02671	0,880
		c = 0,901

TABELL 115.

a = b = 0,01504. V = 69,27 ccm.

t	x	c
30	0,00385	0,764
60	0,00595	0,725
162	0,00972	0,750
374	0,01219	0,760
		c = 0,750

TABELL 116.

a = b = 0,008057. V = 129,27 ccm,

t	x	c
56,2	0,00186	0,661
126	0,00320	0,647
240	0,00449	0,651
525	0,00586	0,629
		c = 0,647

Tillsats af klorbarium.

TABELL 117.

a = b = 0,01317. $[BaCl_2]$=0,02010-mol. V=79,31 ccm.

t	x	c
40,5	0,00432	0,916
62,5	0,00572	0,934
122	0,00778	0,898
280	0,01013	0,904
		c = 0,913

Sammanställning af försök med baryt.

TABELL 118.

Tab.	a = b	[ba]	c	c_d	c_{PQ}
114	0,03559	0,07118	0,901	0,914	0,918
117	0,01317	0,06654	0,913	0,900	0,897
115	0,01504	0,03008	0,750	0,751	0,734
116	0,00806	0,01611	0,647	0,652	0,672

Beräkningen af c_d och c_{PQ} har utförts enligt följande:

$$c_d = 1{,}67\ [ba]^{0{,}228} \text{ och } c_{PQ} = 0{,}600 + 4{,}47\ [ba].$$

Öfversiktstabellen visar en sammanställning af exponentialformelns konstanter jämte sönderdelningshastigheten för de olika baserna i 0,01-molar lösning.

Öfversiktstabell.

TABELL 119.

Bas	Kalk	Baryt	Kali	Natron
d	0,270	0,228	0,142	0,149
c_M	4,09	1,67	0,740	0,749
$c_{0,01}$	1,42	0,684	0,425	0,418

Kalk verkar två gånger starkare än baryt, och denna åter har (allt i 0,01-molar lösning) hälften större effekt än kali och natron, som verka identiskt lika. Kalken, som företer störst hastighetskoefficient, har här också störst exponent, kali och natron å andra sidan båda konstanterna i exponentialformeln minst (jfr klor-äpplesyra). Denna formel ger genomsnittligt något bättre öfverensstämmelse än den lineära.

b) *Försök öfver α-klor-β-oxipropionsyrans bildning.*

Vid addition af hypoklorit till akrylsyra erhöll P. Melikow [1] en produkt, ur hvilken han meddelst zinksaltet lyckades isolera två syror, den ena kristalliserad och identisk med den nyssnämnda β-klormjölksyran, den andra oljartad, afskild ur ett gummiartadt zinksalt och af Melikow ansedd som den rena α-klor-β-mjölksyran. Att på detta sätt vid en framställningsmetod, där två isomerer samtidigt bildas, isolera en oljartad isomer i för kinetiska ändamål tillräckligt rent tillstånd, måste emellertid anses bjuda så stora svårigheter, att jag afstått från hvarje försök i denna riktning. I det föregående är visadt, hur pass dålig tjänst vacuumdestillation lämnar vid framställandet af rena former ur en blandning af två isomerer. En dylik destillation vore ju annars tänkbar som ett lämpligt medel att skilja de två isomererna. Bättre resultat hoppades jag att vinna på följande sätt.

H. Beckurts och R. Otto ha [2] visat, att vid inverkan af vatten på α-β-dibrompropionsyrans silfversalt en syra bildas, hvars zinksalt (gummiartadt) har den sammansättning, som α-brom-β-oxipropionsyran fordrar. Analogt skall ur β-jodpropionsyran hydrakrylsyra bildas. [Som mellanprodukt antages härvid en lakton; jfr B. Holmberg, Ber. d. d. Chem. Ges. **45**, 1713 (1912), där i vissa fall laktonhypotesen också är använd för att förklara bildningen af oxisyror ur halogensubstituerade syror [3].] Silfversaltet af α-β-diklorpropionsyran borde alltså med vatten ge α-klor-β-oxipropionsyra utan nämnvärd inblandning af den andra isomeren.

[1] J. prakt. Chem. **13**, 2153 (1880).
[2] Berichte **18**, 222 (1885).
[3] Jfr Hj. Johansson, Zeitschr. physik. Chem. **81**, 575 (1913).

α-β-Diklorpropionsyran framställdes som följer: ren α-β-diklorpropylalkohol[1] uppvärmdes på vattenbad i en långhalsad kolf med tre gånger sin vikt salpetersyra af spec. vikt 1,38 (inre kylning på kolfven): först en timme 60—65° och därpå ytterligare en timme 95—100°. (Den långvariga uppvärmning, som föreskrifves af G. MÜNDER och B. TOLLENS[2] kan ej vara fördelaktig.) Efter utspädning extraherades med eter. Syran kan renas antingen genom öfverförande i kalciumsalt eller genom vacuumdestillation (kokp. $_{14}$ 114° — 115°, ej korr.). Omkristalleras bäst ur varm petroleumeter. Vid afsvalning utfaller härur först en ringa mängd olja; afdunstas emellertid sedan lösningsmedlet genom påblåsning af torr luft, erhållas vackra kristaller i form af rosettformigt ordnade nålar. Syran är hygroskopisk. Diklorpropylalkoholen lämnar något mera än $^2/_3$ af sin vikt syra. Ekvivalentvikt: ber. 142,9, funn. 142,6.

Att syrans bariumsalt i lösning åtminstone i början sönderdelas monomolekylärt, visa följande två försök:

1) 0,300 gr. syra neutraliserades med baryt och ställdes i termostat vid 50°. Då och då tillfogades 0,1018-norm. baryt till neutral reaktion. Efter 72 timmar, då inalles 1,52 ccm baryt tillsatts, förbrukades 2,24 ccm 0,1000-norm. silfvernitrat. (Totalförbrukning beräknad till 20,99 ccm.) Klorjonproduktionens hastighet motsvarar K = 0,00157 $\left(\text{K beräknad enligt den monomolekylära ekvationen: } K = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{a - x}\right)$.

2) 0,300 gr. syra som förut. Förbrukad baryt på 114 timmar 2,31 ccm. Förbrukadt silfvernitrat efter samma tid 3,45 ccm. K = 0,00158.

Under dessa betingelser går emellertid reaktionen så långsamt, att den för praktiska ändamål ej är användbar. En del försök gjordes därför vid högre temperatur.

Silfversaltet gick vid upphettning på vattenbad sönder på några timmar. Härvid valdes försöksbetingelserna något olika: antingen behandlades silfversaltet själft med vatten eller natriumsaltet med silfverkarbonat. I *förra* fallet skedde uppvärmningen antingen utan neutralisering (lösningen blir sur under reaktionens lopp) eller neutraliserades under tiden med bikarbonat. I *senare* fallet inleddes en kolsyreström i lösningen. Uppvärmningen skedde under turbinering. De genom eterextraktion erhållna syrorna voro i allmänhet färglösa, till svagt gula oljor, som efter intorkning i vacuum visade benägenhet att bli amorfa och vattenolösliga. Ekvivalentvikten i regel 126—130 (för klormjölksyra beräknas 124,5), men stundom högre. Vid titreringen försvann omslaget ytterst snabbt. (Inblandning af laktonartade föreningar?) Oljorna lämnade ett svårlösligt bariumsalt, som väl får tillskrifvas någon förorening.

Ungefär samma resultat gåfvo några försök med *α-klor-β-brompropionsyra.* Denna förening är förut framställd af L. HENRY och MASSALSKE[3] genom oxidation

[1] Se sid. 36.
[2] Lieb. Ann. **167**, 226 (1873).
[3] Bull. Acad. Belgique 1906, 554.

af en klorbromhydrin. Fördelaktigare torde väl följande här begagnade framställningssätt få anses; produktens konstitution lämnar åtminstone ej något tvifvel öfrigt.

α-β-Diklorpropionsyra försättes med något mer än sin dubbla vikt 1-norm. natronlut och får stå vid vanlig temperatur 1—2 timmar. Surgörning och extraktion lämnar α-klorakrylsyra i 90 %:s utbyte. Denna löses åter i något vatten, och bromväte inledes till mättning (vattenkylning), hvarpå efter några timmar utspädes och extraheras. I vacuumexsiccator i kallt rum kristalliserar den erhållna färglösa oljan så småningom. Syran ger, om den löses i benzol och fälles med ligroin, vackra kristaller, liksom sådana också erhållas vid afdunstning af en lösning af syran i ligroin. Den renas bäst genom vacuumdestillation: Kokp.$_{14}$ 123—124^0 (ej korr.).

Ekvivalentvikt: Beräknad: 187,5. Funnen: 186,1.

Bromatomen utträder vid behandling med öfverskott af alkali snabbt redan i köld, då däremot α-kloratomen i den bildade klorakrylsyran t. o. m. vid kokning i 6 timmar med öfverskott af natron ej hade sönderdelats till 10 %.

Ur syrans silfversalt hade vid en temperatur af 32^0 efter tre dagar bromatomen fullständigt afskiljts som bromsilfver. Lösningen hölls därvid neutral genom tillsats af beräknad mängd bikarbonat. Den erhållna syran (E = 115) syntes till en början vara kristallinisk, men öfvergick så småningom i amorft, olösligt tillstånd. Försöken med densamma fortsattes därför ej.

4. α-Oxi-β-klorsmörsyra.

HOCO . CHOH . CHCl . CH_3.

Vid addition af hypoklorit till vanlig krotonsyra erhålles en α-klor-β-oxismörsyra (om konstitutionen, se bestämningen af affinitetskonstanterna), som vid behandling med alkali ger en β-metylglycidsyra. Denna åter adderar klorväte under bildning af en α-oxi-β-klorsmörsyra [1]. Följande recept (Melikoff anger inga detaljer) har jag funnit lämpligt. α-Klor-β-oxismörsyra löses i sin tiofaldiga mängd ren alkohol och försättes med alkoholiskt kali till bestående alkalisk reaktion. Efter en kvart till en half timme inledes kolsyra för att aflägsna öfverskott af alkali; lösningen uppvärmes till kokning och filtreras kokhet. Vid afsvalning kristalliserar en del metylglycidsyradt kali ut, resten fälles med eter. Saltet afpressas upprepade gånger, tills lukten af alkohol försvunnit, och sättes till femdubbla vikten vid 0^0 mättad saltsyra. Därpå utspädes, extraheras osv. Syran omkristalliseras bäst ur benzol (som för öfrigt alla här undersökta β-klorhydrinsyror). Utbyte: närmre hälften af α-klorsyrans vikt. Syran sintrar vid 84^0, smälter 85—86^0 (Melikoff: 85—86^0). Den är ej hygroskopisk. Den använda syran hade tre gånger omkristalliserats ur benzol.

Analys: 0,2137 gr. behöfde för neutralisation 16,20 ccm 0,09527-norm. natron och

[1] P. Melikoff: Berichte **16**, 1270 (1883).

förbrukade efter sönderdelning med öfverskott af alkali 14,79 ccm 0,1047-norm. silfvernitrat, hvarur beräknas följande:

	Beräknadt:	Funnet:
Ekvivalentvikt	138,5	138,5
Cl	25,60 %	25,70 %

De kinetiska försöken med denna syra ha inskränkts till sex serier, två med hvardera af de tre baserna

a) *Försök med baryt* (Tab. 120—121).

TABELL 120.

$a = b = 0,03404$. $V = 29,54$ ccm.

t	x	c
1	0,00700	7,61
2,03	0,01163	7,51
4	0,01721	7,51
12	0,02553	7,35
		c = 7,50

TABELL 121.

$a = b = 0,006739$. $V = 126,58$ ccm.

t	x	c
7	0,00133	5,22
20	0,00281	5,29
45	0,00406	4,99
120	0,00542	5,08
		c = 5,14

Ur Tab. 120—121 fås:

$$c_d = 14,0\ [ba]^{0,233} \text{ och } c_{PQ} = 4,56 + 43,2\ [ba].$$

b) *Försök med kalk.*

TABELL 122.

$a = b = 0,01183$. $V = 58,02$ ccm.

t	x	c
2	0,00266	12,3
5	0,00488	11,9
12	0,00745	12,0
33	0,00979	12,3
		c = 12,1

TABELL 123.

$a = b = 0,004253$. $V = 156,58$ ccm.

t	x	c
7,5	0,000953	9,05
17	0,001636	8,65
45	0,002642	8,57
105	0,003371	8,56
		c = 8,71

För kalken beräknas följande konstanter:

$$c_d = 40,3\ [ca]^{0,322} \text{ och } c_{PQ} = 6,8 + 224\ [ca].$$

c) *Försök med natron* (Tab. 124—125).

TABELL 124.

$a = b = 0,03087$. $V = 28,42$ ccm.

t	x	c
2	0,00641	4,24
5	0,01235	4,32
11	0,01814	4,20
28,5	0,02433	4,23
		c = 4,25

TABELL 125.

$a = b = 0,00716$. $V = 120,14$ ccm.

t	x	c
10	0,00148	3,65
27	0,00295	3,63
60	0,00433	3,57
122	0,00540	3,51
		c = 3,59

Tabellerna 124 och 125 ge:

$$c_d = 5{,}86\ [Na]^{0{,}116} \text{ och } c_{PQ} = 3{,}39 + 13{,}9\ [Na].$$

I tab. 126 lämnas en sammanfattning af de olika basernas verkan, sådan den ter sig enligt exponentialformeln.

Öfversiktstabell.

TABELL 126.

Bas	Kalk	Baryt	Natron
d	0,322	0,233	0,116
c_M	40,3	14,0	5,86
$c_{0{,}01}$	11,4	5,63	3,72

I 0,01-norm. lösning verkar kalk dubbelt så starkt som baryt, denna åter hälften starkare än natron, alltså förhållanden, som äro identiska med dem vid klormjölksyra. Exponenten d och konstanten c_M äro *båda* minst hos natron, störst hos kalk.

Då konstanterna praktiskt taget äro oklanderliga [1], har jag ej ansett det behöfligt att undersöka den inversa reaktionens inflytande (jfr dock vid α-klor-β-oxismörsyran).

5. α-Oxi-β-klorisosmörsyra.

$$\begin{array}{l} HOCO\,.\,COH\,.\,CH_2Cl. \\ \qquad\quad\ | \\ \qquad\quad CH_3 \end{array}$$

Genom att i 24 timmar dirigera monokloraceton med stark cyanvätesyra under tillsats af alkohol erhöll C. Bischoff [2] först nitrilen till denna syra. Nitrilen gaf vid upphettning med saltsyra syran själf. Samma recept har senare E. Fourneau [3] användt. Bekvämare är syntesen enligt en metod (angifven af J. Lovén är den bl. a. beskrifven af mig i Journ. für prakt. Chem. [2], **84**, 731 (1911)), som här fick följande gestalt:

50 gr. kloraceton löstes i 65 gr. isättika, hvarpå långsamt en lösning af 40 gr. cyankalium i dubbla vikten vatten tillfördes. Härunder kyldes med vatten. Blandningen fick stå öfver natten, utspäddes med vatten och extraherades tre gånger med eter. Etern afdunstades i vacuum, hvarpå efter tillsats af något konc. saltsyra gasformigt klorväte inleddes till mättning. Slutligen upphettades med konc. saltsyra på vattenbad. Denna sista process bör i lämplig tid afbrytas; är den för kortvarig, hydrolyseras ej den primärt bildade amiden fullständigt, medan man vid lång upphettning får en syra med mera klor än beräknadt, i det hydroxylen i α-ställning esteri-

[1] Det förtjänar kanske att anmärkas, att detta också bevisar, att det använda preparatet är enhetligt. Additionen af klorväte till metylglycidsyra ger alltså blott en syra. Jfr nedan sid. 71 och 73.

[2] Berichte **5**, 865 (1872).

[3] Bull. Soc. Chim. France [4], **5**. 229 (1909).

fieras af saltsyran. Påfallande är, att ren cyanvätesyra och kloraceton enligtFourneau [1] ej förena sig, ej ens i värme. Han tillägger: »Il faut faire intervenir des catalyseurs variés». I hvarje fall är härigenom deras förening genomförd i köld. Utbytet af syntesen är godt, i det kloracetonen ger ungefär sin lika vikt rå, men tämligen ren syra.

Syran extraheras med eter och omkristalliseras några gånger ur benzol. Smp. 109° (P. Melikoff [2]: 106—107°, Fourneau: 109—110°).

Analys: I: 0,2829 gr. syra behöfde för neutralisation 19,84 ccm 0,1028-norm. baryt och II: 0,2845 gr. 19,97 ccm. 0,2821 gr. syra förbrukade efter sönderdelning med alkali 19,44 ccm 0,1047-norm. silfvernitrat.

	Funnet:	Beräknadt:
Ekvivalent vikt	(I) 138,7; (II) 138,6	138,5
Cl	25,59 %	25,60 %

Vid de kinetiska försöken bereddes för bekvämlighets skull en vattenlösning af syran, som inpipetterades i alkalit.

P. Melikoff har [3] visat, att vid inverkan af alkoholiskt kali på kloroxismörsyrorna β-metylglycidsyra uppkommer. Alkali i vattenlösning verkar utan tvifvel på samma sätt. Glycidsyrans förmåga att addera syror undersöktes enligt följande (tab. 127). Beteckningarna som i tab. 4.

TABELL 127 (Kalk).

a = b = 0,01264. V = 56.93 ccm.

t	x	τ	c
9	0,00773	$1^3/_4$	13,8
9	0,00769	5	13,7
9	0,00766	14	13,5

Addition af syror är äfven i utspädd lösning fullständigt märkbar, men kan ej inverka på resultaten af de kinetiska försöken nedan.

a) *Försök med baryt* (Tab. 128—130).

TABELL 128.

a = b = 0,02544. V = 39,60 ccm.

t	x	c
3	0,00683	4,81
7	0,01158	4,69
13	0,01542	4,65
32	0,02012	4,64
		c = 4,70

TABELL 129.

a = b = 0,01266. V = 79,60 ccm.

t	x	c
6	0,00287	3,86
14	0,00519	3,92
30	0,00750	3,83
64	0,00956	3,81
		c = 3,85

[1] L. c. sid. 230.

[2] Lieb. Ann. **234**, 211 (1886).

[3] Ber. **16**, 1270 (1883)

TABELL 130.

a = b = 0,006122. V = 164,60 ccm.

t	x	c
12	0,00123	3,42
31	0,00235	3,29
65	0,00344	3,23
130	0,00440	3,22
		c = 3,29 [1]

Barytförsöken 128 och 130 ge: $c_d = 9{,}90\ [ba]^{0{,}250}$ och $c_{PQ} = 2{,}84 + 36{,}5\ [ba]$.

Sammanställning af försök med baryt.

TABELL 131.

Tab.	a = b	[ba]	c	c_d	c_{PQ}
128	0,02544	0,05088	4,70	—	—
129	0,01266	0,02532	3,86	3,95	3,76
130	0,00612	0,01224	3,29	—	—

b) *Försök med kalk* (Tab. 132—134).

TABELL 132.

a = b = 0,01264. V = 56,93 ccm.

t	x	c
2	0,00336	14,3
4	0,00524	14,0
9	0,00775	13,9
22	0,01002	13,8
		c = 14,0

TABELL 133.

a = b = 0,006155. V = 116,93 ccm.

t	x	c
3	0,00106	11,2
9	0,00229	10,7
23	0,00368	10,5
55	0,00481	10,6
		c = 10,75

TABELL 134.

a = b = 0,002801. V = 256,93 ccm.

t	x	c
11	0,000560	8,11
30	0.001112	7,84
74	0,001700	7,45
160	0,002153	7,41
		c = 7,70

Ur tab. 132 och 134 fås: $c_d = 60{,}3\ [ca]^{0{,}397}$ och $c_{PQ} = 5{,}9 + 320\ [ca]$.

---

[1] Det är naturligtvis oegentligt att här räkna med ett medelvärde. Osäkerheten i ett till t = 0 extrapoleradt värde skulle emellertid fullt ha uppvägt det obetydliga fel, som denna oegentlighet förorsakar.

Sammanställning af försök med kalk.

TABELL 135.

Tab.	a = b	[ca]	c	c_d	c_{PQ}
132	0,01264	0,02528	14,0	—	—
133	0,006155	0,01231	10,75	10,5	9,8
134	0,002801	0,00560	7,70	—	—

c) *Försök med natron* (Tab. 136—138).

TABELL 136.

a = b = 0,03244 V = 31,06 ccm.

t	x	c
3,5	0,00778	2,78
10	0,01519	2,71
20	0,02069	2,71
47	0,02595	2,62
		c = 2,71

TABELL 137.

a = b = 0,01525 V = 66,06 ccm.

t	x	c
8	0,00345	2,40
25	0,00731	2,42
50	0,00984	2,38
110	0,01208	2,27
		c = 2,37

TABELL 138.

a = b = 0,007688. V = 131,06 ccm.

t	x	c
16	0,00169	2,30
40	0,00314	2,25
90	0,00461	2,17
232	0,00608	2,12
		c = 2,21

För natronförsöken erhålles ur tabellerna 136 och 138: $c_d = 4{,}00\ [Na]^{0{,}142}$ och $c_{PQ} = 2{,}05 + 10{,}1\ [Na]$.

Sammanställning af försök med natron.

TABELL 139.

Tab.	a = b	[Na]	c	c_d	c_{PQ}
136	0,03244	0,06488	2,71	—	—
137	0,01525	0,03050	2,37	2,44	2,36
138	0,007688	0,01537	2,21	—	—

Följande tabell lämnar en öfversikt öfver de med de tre baserna enligt exponentialformeln erhållna resultaten.

Öfversiktstabell.

TABELL 140.

Bas	Kalk	Baryt	Natron
c_M	60,3	9,90	4,00
d	0,397	0,250	0,142
$c_{0,01}$	12,8	3,72	2,30

Värdet på exponenten för kalk är det största, som förekommer vid här undersökta syror. Kalken verkar i 0,01-normal lösning $3^1/_2$ gånger starkare än baryt, som återigen har hälften större effekt än natron.

6. α-Oxi-β-klorfenylpropionsyra.

HOCO . CHOH . CHCl . C_6H_5

E. Erlenmeyer jun.[1] har angifvit följande framställningssätt: Fenylglycidsyradt natron öfvergjutes med absolut eter, hvarpå under kylning klorväte inledes. Efter 24 timmar sättes lösningen i vacuum med kali. Ur eterlösning fälles därpå, på ett tämligen kompliceradt sätt, dels olja dels kristaller (smp. 141—142°).

Tillfredsställande fann jag följande metod: Ur *ren omkristalliserad* α-klor-β-fenyloxipropionsyra bereddes fenylglycidsyradt natron enligt E. Erlenmyer sen.[2] Detta öfvergöts i en långhalsad kolf med något absolut eter, hvarpå under vattenkylning dubbla teoretiska mängden med klorväte mättad eter tillfördes. (Reaktionen är praktiskt taget momentan.) Efter några timmar tillsattes vatten, etern afskiljdes och afdestillerades. Den genast stelnande återstoden omkristalliserades ur kloroform ett par gånger (smp. 144—145°). I moderluten stannar en syra med något lägre smältpunkt, c:a 125°, men den har ej kunnat isoleras i rent tillstånd.

Syran kan ej neutraliseras vid vanlig temperatur, då intet bestående omslag erhålles. Ekvivalentviktbestämningen utfördes därför på följande sätt: 0,2205 gr. syra löstes i 200 ccm. vatten (med is) af 1°,5, hvarpå alkalit tämligen raskt, men droppvis och under ständig omrörning tillsattes. Härvid förbrukades 11,55 ccm. 0,0959-norm. natron.

Analys på klor: (I) 0,2291 gr. syra förbrukade efter sönderdelning med alkali 11,03 ccm 0,1047-norm. silfvernitrat och (II) 0,2183 likaledes 10,32 ccm.

	Funnet:	Beräknadt:
Ekvivalentvikt	199,1	200,5
Cl	(I) 17,87; (II) 17,55	17,69 %

Det visade sig omöjligt att utföra de kinetiska försöken vid 25°. Äfven nära 0° går reaktionen med så stor hastighet, att noggrannheten af de här anförda försöken (temp. = 0°,2) är betydligt mindre, än annars är fallet. Försöken gifva emel-

[1] Lieb. Ann. **271**, 151 (1892).
[2] Lieb. Ann. **219**, 182 (1883).

lertid trots detta en god öfverblick öfver kationkatalysfenomen vid denna syra, äfven om det hela ter sig något mera kvalitativt.

Då den eljest bekväma metoden att inleda reaktionen (i den alkaliska lösningen inkastas ett platinaskepp med pulveriserad syra) här visade sig oanvändbar på kortare tider (jfr dock tabell 141, där platinaskepp användes), i det syran ej momentant löste sig, bereddes lösningar af syran i alkohol och vatten (den är relativt svårlöslig i vatten) i följande proportioner: 0,8000 gr. syra löstes i 20 ccm alkohol, hvarpå vid 0,°2 späddes med vatten till märket i en kolf på 50 ccm. Af denna lösning inpipetterades 10 ccm i den alkaliska lösningen vid t = 0[1]. Den alkoholiska lösningen fälldes ej omedelbart, men *nästan* omedelbart af silfvernitrat, och dess förhållande till detta reagens ändrades ej på ett par timmar vid 0°. Den lilla alkoholmängd, som sålunda införes i försökslösningen inverkar praktiskt ej på resultaten, som en jämförelse mellan tabellerna 141 och 142 ådagalägger. Den förra serien är utförd med alkoholfri lösning.

Koefficienterna falla under reaktionens lopp. Fenomenet får antagligen tillskrifvas försöksfel. Tillbakatitreringarna gjordes under kylning med is.

a) *Försök med natron.* (Tab. 141—143).

TABELL 141.

a = b = 0,00452. V = 220,8 ccm[2].

t	x	c
2	0,00245	131
3	0,00289	131
8	0,00370	125

TABELL 142.

a = b = 0,00351. V = 226,6 ccm.

t	x	c
1	0,00111	132
2	0,00169	133
4	0,00224	126
8	0,00267	113

TABELL 143.

a = b = 0,00783. V = 101,6 ccm.

t	x	c
1	0,00416	145
1,5	0,00481	136
2	0,00531	134
3,5	0,00604	123

---

[1] 1,00 ccm af en lösning, som stått en timme vid 0°, förbrukade för neutralisering 0,84 ccm natron, medan ur den lösta syremängden beräknades 0,83 ccm, hvadan alltså ej någon nämnvärd förändring inträffat. Däremot visade de neutraliserade försökslösningarna efter kort tid åter sur reaktion äfven vid låg temperatur. (Efter en kvart förbrukades c:a tre droppar alkali.)

[2] Volymbestämningningarna äro här, då pipetter och mätkolfvar voro utvägda för 18°, något felaktiga, men försöksfelen ojämförligt större.

b). *Försök med baryt* (Tab. 144—145).

TABELL 144.

a = b = 0,00353. V = 225,5 ccm.

t	x	c
1	0,00136	178
2	0,00195	175
3,5	0,00238	168
5,5	0,00267	160

TABELL 145.

a = b = 0,00792. V = 100,5 ccm.

t	x	c
1	0,00500	216
1,5	0,00567	212
2	0,00600	197
2,5	0,00624	188

c). *Försök med kalk* (Tab. 146—147).

TABELL 146.

a = b = 0,00319. V = 233,5 ccm.

t	x	c
1	0,00138	239
1,5	0,00170	238
2,5	0,00208	235
4,5	0,00242	219

TABELL 147.

a = b = 0,00687. V = 108,5 ccm.

t	x	c
1	0,00479	335
1,5	0,00518	297
2,03	0,00560	316

För att få en öfversikt öfver de olika basernas verkan har jag i följande tabell sammanfört medelvärdena af reaktionskoefficienterna (riktigare vore väl att extrapolera till t = 0, men detta låter sig ej med någon säkerhet göras) och ungefärliga värdet på de ur dessa vid olika metalljonkoncentrationer enligt exponentialformeln beräknade exponenterna.

Öfversiktstabell.

TABELL 148.

Tab.	Bas	[M]	c	d
142	Natron	0,00702	126	0,1
143	»	0,01566	135	
144	Baryt	0,00706	170	0,2
145	»	0,01584	203	
146	Kalk	0,00638	233	0,4
147	»	0,01374	316	

Exponenten för kalk är större än för baryt, hvarvid måste ihågkommas, att särskildt sista värdet för kalk (316) är mycket osäkert. För syrorna med kloren i β-ställning är detta förhållande mellan exponenterna regel. Kloräpplesyran bjuder exempel på motsatsen.

7. α-Klor-β-oxismörsyra.

HOCO . CHCl . CHOH . CH_3.

Syran framställdes enligt P. Melikow[1] genom addition av hypoklorit till vanlig krotonsyra. Efter extraktion af syran med eter neutraliseras den med zinkkarbonat,

[1] Lieb. Ann. **234**, 197 (1886).

hvarpå zinksaltet får kristallisera. Ur detta frigöres sedan syran. Då emellertid nämnda salt är ytterst lättlösligt, synes metoden mindre effektiv för framställning af ren produkt. Den direkt extrakterade syran, som snart kristalliserar, kan också, som jag fann, lösas i en blandning af kloroform (6—7 ggr. sin vikt) och eter (mängd: tillräcklig för lösning) och därpå fällas med petroleumeter. Använder man härvid vanlig eter och ej torkad kloroform, erhåller man syran i rosettformigt ordnade nålar af smp. 60—61°. (Melikow: 61—62°.) Ekvivalentvikt: 138,5 (beräknadt detsamma). När åter 7 gr. af denna syra löstes i *torr* eter-kloroform och fälldes, utkristalliserade 5,7 gr. breda taflor, *som hade smp. 86°. Syran är alltså dimorf,* liksom den analogt konstituerade α-klor-β-fenyloxipropionsyran (se nedan). Medan formen 60—61° är hygroskopisk, är den andra fullständigt luftbeständig. Tiden har ej medgifvit några vidare försök att utröna deras ömsesidiga förhållande. Till de kinetiska försöken användes uteslutande den högre smältande formen, fälld några gånger på ofvan beskrifna sätt.

Analys: 0,1479 gr. syra behöfde vid neutralisation 10,37 ccm 0,1029-norm. baryt, och 0,1686 gr. förbrukade efter sönderdelning med öfverskott af natron 11,63 ccm 0,1047-norm. silfvernitrat.

	Beräknadt:	Funnet:
Ekvivalentvikt	138,5	138,6
Cl	25,60 %	25,61 %

Additionen af klorväte till glycidsyran går mycket långsamt. Mot 2 ccm af en lösning, som i afseende på glycidsyra och klorjoner var 0,02-normal, i afseende på vätejoner 0,027-normal, svarade:

Efter:	2	7	18	60	400	1300	minuter.
Baryt:	2,56	2,56	2,57	2,57	2,53	2,51	ccm.

a) *Försök med baryt* (Tab. 149—151).

TABELL 149.

$a = b = 0{,}02552$. $V = 39{,}70$ ccm.

t	x	c
1	0,01065	28,1
2	0,01516	28,7
5	0,01975	26,8
		c = 27,9

TABELL 150.

$a = b = 0{,}01298$. $V = 80{,}26$ ccm.

t	x	c
1	0,00322	25,4
2	0,00515	25,4
6	0,00851	24,5
15	0,01068	23,8
		c = 24,8

TABELL 151.

a = b = 0,006264. V = 165,10 ccm.

t	x	c
2	0,00129	20,7
5	0,00254	21,8
10	0,00359	21,5
28	0,00491	20,7
		c = 21,2

Försöken med baryt ge följande konstanter i formlerna:

$c_d = 50,0 \, [ba]^{0,196}$ och $c_{PQ} = 19,0 + 174 \, [ba]$.

Sammanställning af försök med baryt.

TABELL 152.

Tab.	[ba]	c	c_d	c_{PQ}
149	0,05104	27,9	—	—
150	0,02596	24,8	24,4	23,5
151	0.01253	21,2	—	—

b) *Försök med kalk* (Tab. 153—154).

TABELL 153.

a = b = 0,006343. V = 98,90 ccm.

t	x	c
2	0,00148	24,1
4	0,00230	22,4
9	0,00356	22,4
24	0,00483	21,0
		c = 22,5

TABELL 154.

a = b = 0,003312. V = 208,26 ccm.

t	x	c
4	0,000766	22,7
8	0,001176	20,8
20	0,001907	20,5
50	0,002530	19,5
		c = 20,9

Variationerna motsvara enligt exponentialformeln c:a d = 0,1, alltså betydligt *mindre* än för baryt. Här bör dock osäkerheten i bestämningen af medelvärdet påpekas. Hastighetskoefficienterna sjunka under reaktionens lopp.

c) *Försök med natron* (Tab. 155—156).

TABELL 155.

a = b = 0,02463. V = 41,40 ccm.

t	x	c
1	0,00818	20,2
2	0,01213	19,7
4,5	0,01673	19,1
8	0,01934	18,6
		c = 19,4

TABELL 156.

a = b = 0,00780. V = 131,54 ccm.

t	x	c
2	0,00173	18,3
5	0,00312	17,1
11,9	0,00471	16,4
31	0,00622	16,3
		c = 17,0

Hastighetskoefficienten är obetydligt mindre än för kalk och baryt. Exponenten d är approximativt = 0,1.

I följande tabell äro värdena på hastighetskoefficienterna i 0,01-molar lösning för de tre baserna sammanställda. De äro beräknade medelst grafisk interpolation (vid kalk extrapolation).

Öfversiktstabell.

TABELL 157.

Bas	Kalk	Baryt	Natron
d	0,1	0,2	0,1
$c_{0,01}$	24,4	23,3	17,3

Hastighetskoefficienten i 0,01-molar lösning äro för kalk och baryt praktiskt lika och ungefär $^1/_3$ större än för natron. Då denna syras konstitution får anses bevisad — jfr nedan bestämning af ledningsförmågan —, träda genom denna syra och den följande klorhydrinsyrorna med kloren i α- i bestämd motsats till dem med kloren i β-ställning, såväl hvad exponenten d som förhållandet mellan hastighetskoefficienterna för de olika baserna beträffar (se för öfrigt den allmänna sammanfattningen för syrorna).

Anmärkningsvärdt är, att α-klorsyran af alkali sönderdelas fortare än β-syran. Se emellertid följande syra och dess ofvan behandlade isomer, där motsatt förhållande äger rum.

8. α-Klor-β-oxifenylpropionsyra.

$HOCO . CHCl . CHOH . C_6H_5$.

Framställning genom addition af hypoklorit till kanelsyra i enlighet med C. Glasers[1] utaf E. Erlenmeyer (sen.) och A. Lipp[2] förbättrade metod. Den svagt gulfärgade produkten renas bäst genom att lösas i kallt vatten, hvarvid den kvarlämnar en gul förorening och vid afdunstning kristalliserar i hvita blad. Smp. 55,°5 vattenhaltig, vattenfri 94° (torkad öfver svafvelsyra).

Analys: 0,2079 gr. förbrukade 12,15 ccm 0,07846-norm. kali och efter fullständig sönderdelning med öfverskott däraf 9,55 ccm 0,0999-norm. silfvernitrat.

	Ekvivalentvikt	Cl
Funnet:	218,1	16,27 %
Beräknadt:	218,5	16,23 %

Natron i vattenlösning ger, såsom Erlenmeyer och Lipp[3] ha visat, med denna syra fenylglycidsyradt natron. Glaser[4] och E. Erlenmeyer jun.[5] synas omfatta

[1] Lieb. Ann. **147**, 79 (1868).
[2] Lieb. Ann. **219**, 185 (1883).
[3] Lc.
[4] Lc.
[5] Lieb. Ann. **271**, 150 (1892).

den åsikten, att klorväte i vattenlösning ej har någon verkan på glycidsyran. Den senare genomförde (se sid. 71) additionen i absolut eterlösning. I hvad mån den af dessa författare företrädda meningen är med verkliga förhållandet öfverensstämmande, ådagalägger följande försök:

Af en lösning, i hvilken glycidsyran och vätejonerna hade normaliteten 0,015, och hvilken i afseende på klorjoner var 0,035-normal, förbrukade 10 ccm följande mängder 0,1-norm. baryt.

Efter:	0,0	1 1/2	3 1/2	70	160	timmar.
Baryt:	1,66	1,48	1,26	0,90	0,85	ccm.

Additionen försiggår med aftagande hastighet och ofullständigt, men snabbare än hvad i allmänhet är fallet vid här undersökta glycider, liksom å andra sidan den alkaliska sönderdelningen uppvisar en af de största konstanterna. Bestämningen af hastigheten hos denna är också behäftad med tämligen stora fel och omöjligt är ej, att den inversa reaktionen — additionen af klorväte — kan ha utöfvat något, om än ringa inflytande på bestämningarna (jfr tabellerna 162 och 163).

Syran är dimorf, ett förhållande, som först observerats af B. Rassow och F. Burmeister[1] och senare oberoende däraf af mig[2], som beklagligtvis ej observerat deras kort förut utkomna arbete. Detta innehåller, utom en beskrifning af, hur de båda formerna bildas, en kritik af ofvan nämnda framställningssätt af syran (Erlenmeyer och Lipp: ur kanelsyra och hypoklorit) samt en förbättrad metod för densamma.

Den vattenfria syran har enligt dem två former, som smälta vid resp. 86° och 102—103°. De framställa: 1) 86°-syran ur den *kristallvattenhaltiga*: a) genom längre upphettning till 50° (flera veckor) eller 1/2 timma på vattenbad och b) genom torkning öfver konc. svafvelsyra; 2) 102—103° syran ur den *kristallvattenhaltiga* genom upprepad omkristallisering ur *torr* kloroform.

Deras kritik af det äldre framställningssättet går framför allt ut på följande. Då hypokloritlösningen framställes af klor och soda, blir den framställda syran ej ren, utan innehåller mera klor, än teorien fordrar. Detta synes dem bevisadt framför allt därigenom, att som biprodukt erhålles en olja — af Erlenmeyer jun.[3] och andra[4] förmodad vara den af teorien fordrade stereoisomeren — och att denna vid analys befanns innehålla 24 i stället för beräknade 18 % klor. Frånsedt att analysen på en odefinierad olja ej är särdeles bevisande, är deras kritik af annat skäl ej fullt berättigad. Nämnda olja bildas nämligen, som jag fann, vid den indunstning af reaktionsblandningen, som enligt Erlenmeyer och Lipp skall företagas. *Underlåter man att indunsta* och extraherar direkt, *erhålles blott kristallinisk syra.* I Rassow och Burmeisters förbättrade recept — användning af ren hypoklorit i fri-

[1] J. prakt. Chem. [2], **84**, 473 (1914).
[2] Zeitschr. physik. Chem. **81**, 372 (1912).
[3] Berichte **39**, 788 (1906).
[4] Murray: Inaug. dissert. Leipzig 1903. Enligt Rassow och Burmeister.

görningstillståndet — är också nämnda indunstning utesluten. De erhöllo blott kristallinisk syra. Möjligt är ju alltid, att äfven den enligt äldre metoden framställda och *renade kristallinska* syran innehåller något mera klor, än teorien fordrar. I hvarje fall kunde något dylikt ej påvisas enligt här använda analysmetoder, och jag har ej ansett saken af någon betydelse för ifrågakommande spörsmål.

Då de af mig funna omvandlingsmetoderna i viss mån komplettera Rassow's och Burmeister's, anser jag mig här böra anföra dem enligt l. c.

Den öfver svafvelsyra från kristallvatten befriade syran hade smp. 94° och ekvivalentvikten 199,7 (beräknadt: 200,5).

Anm.: Afvikelsen från den af nämnda författare och J. Stieglitz [1] funna smältpunkten (86°) var ju betydande. En kontroll med senare framställdt preparat angaf 1—2 grader lägre smältpunkt än ofvan funna, ej korrigerade, samt visade dessutom, att syran *sintrar* något under 90° [2]. Dock kunde den hållas godtyckligt länge vid denna temperatur utan att smälta. Kanske få dessa förhållanden tydas så, att i vissa fall någon isomer är inblandad. I hvarje fall visa serierna här nedan, att det af mig använda preparatet varit praktiskt taget enhetligt. Dock torde dessa förhållanden förtjäna en ny och grundligare utredning.

Då den smälta substansen åter fick stelna och efter några timmar en ny smältpunktsbestämning gjordes, hade smältpunkten stigit till 103,3°. Afkyldes den nu återigen tämligen snabbt, smälte den efter kortare tid vid 94° eller också blott delvis vid denna temperatur, resten vid 103°. Sistnämnda modifikation synes därför vara den beständigare.

Den öfver svafvelsyra torkade syran (smp. 94°) löstes i kloroform, hvarpå ligroin tillsattes. Den snabbt affiltrerade fällningen pressades mellan filtrerpapper, hvarpå omedelbart smältpunkten bestämdes. En del smälte vid 94°, återstoden vid 103°. Efter ett dygn exsiccator var substansen homogen med smp. 103°.

De vid denna syra gjorda mätningarna äro något osäkra på grund af dess stora sönderdelningshastighet i alkalisk lösning. Då därjämte reaktionskoefficienternas variationer med koncentrationen blott uppgå till små belopp, kunde för mätningarnas beräkning ej de vanliga formlerna användas. I stället har jag sökt genomföra de kinetiska bestämningarna så, att *en* koncentration var gemensam för alla baserna.

a) *Försök med baryt* (Tab. 158—159).

TABELL 158.

a = b = 0,004477. V = 163,55 ccm.

t	x	c
1,5	0,00225	150
2	0,00249	139
3	0,00289	135
5	0,00336	134
		c = 140

TABELL 159.

a = b = 0,008764. V = 83,55 ccm.

t	x	c
1,5	0,00587	155
2	0,00628	144
4	0,00736	250
		c:a = 150

[1] Berichte, **22**, 3140 (1889).

[2] Murray angifver (l. c.) 88° som smältpunkt.

b) *Försök med kalk* (Tab. 160—161).

TABELL 160.

a = b = 0,04640. V = 156,98 ccm.

t	x	c
1,5	0,00231	142
3	0,00298	129
7	0,00377	134
		c = 135

TABELL 161.

a = b = 0,00963. V = 78,23 ccm.

t	x	c
1,5	0,00568	149
2,5	0,00742	139
4	0,00824	154
		c = 147

c) *Försök med kali* (Tab. 162—163).

TABELL 162.

a = b = 0,004408. V = 168,98 ccm.

t	x	c
1,5	0,00179	103
2,5	0,00232	100
5	0,00305	102
		c = 102

TABELL 163.

a = b = 0,01080. V = 68,98 ccm.

t	x	c
1,5	0,00668	100
2,5	0,00776	95
4,5	0,00879	90
		c = 95

d) *Försök med natron.*

TABELL 164.

a = b = 0,004554. V = 160,80 ccm.

t	x	c
1,5	0,00194	108
2,5	0,00254	111
4	0,00305	111
10,5	0,00387	118
		c = 112

Öfversiktstabell.

TABELL 165.

Bas	Baryt	Kalk	Kali	Natron
Konc.	0,00448	0,00468	0,00441	0,00455
c	140	135	102	112

Trots den stora skillnaden i sönderdelningshastighet mellan denna och närmast föregående syra äro förhållandena mellan de olika basernas verkan inbördes vid hvardera desamma: kalk och baryt verka lika och $^1/_3$—$^1/_4$ starkare än kali och natron. (Då koefficienterna för kalk och baryt äro identiska, är det väl sannolikt, att detsamma gäller för kali och natron, och att natronvärdet följaktligen är behäftadt med något försöksfel.)

9. **Bestämning af affinitetskonstanter.**

Dessa bestämningar afsågo först och främst att för ett par syror lämna ett ett stöd för en viss uppfattning af deras konstitution. Äfven i de fall, där tvifvel angående denna ej fanns, var ju kännedomen om affinitetskonstanten alltid värdefull ur rent systematisk synpunkt.

Mätningarna utfördes på kändt sätt enligt KOHLRAUSCH-OSTWALD. Preparaten ha beskrifvits i det föregående. Vattnets spec. ledningsförmåga var ungefär 1,5. 10^{-6}, för hvilken ej korrigerats. Brygga och reostat voro kalibrerade. Ledningsförmågan vid oändlig utspädning (μ_∞) har beräknats enligt Ostwalds regel: för resp. 12, 15 och 22 atomer ha användts värdena 376, 373 och 369 [1].

Affinitetskonstanterna äro ej — som konstanter betraktade — fullständigt oklanderliga, utan aftaga nästan alla under mätningens gång. OSTWALD har [2] påpekat, att detta allmänt är fallet vid halogensubstituerade syror. Enligt honom ligger orsaken till detta fenomen däri, att sönderdelningar inträda vid elektroderna. VAN'T HOFF och L. REICHER [3] anmärka, att det vid dessa syror därför är fördelaktigt att använda blanka elektroder. Här begagnade voro öfverdragna med platinasvart.

Då den skärpa, hvarmed affinitetskonstanterna kunna fastställas, genom detta förhållande väsentligt nersatts, har jag ansett mig kunna underlåtta sifferräkningarna genom att hämta värdena på a/b och $\frac{\alpha^2}{1-\alpha}$ ur tabeller (Ostwald-Luther, sid. 475 och 482), i det den osäkerhet, som genom interpolationer därvid uppstår, kan försummas.

I följande tabeller är:

v = utspädning i mol pr liter.

μ = mol. ledningsförmåga (i reciproka ohm).

α = dissociationsgrad.

k = affinitetskonstant (K = 100 k).

a) *α-Oxi-β-klorpropionsyra.*

TABELL 166.

$\mu_\infty = 373$. $T = 25,^0 0$

v	μ	α	k
16	39,37	0,1047	7,65.10^{-4}
32	54,10	0,1439	7,56. »
64	73,49	0,1955	7,41. »
128	98,89	0,2630	7,33. »
256	130,9	0,3481	7,26. »
512	169,4	0,4505	7,21. »
1024	213,0	0,0665	7,23. »
(2048	257,9	0,6859	7,31. »)

K = 0,076

[1] Se Ostwald-Luther, Physiko-chem. Messungen, 3:dje uppl. sid. 482.

[2] Zeitschr. physik. Chemie **2**, 170 (1888).

[3] Zeitschr. physik. Chemie **2**, 781 (1888).

b) *α-Oxi-β-klorsmörsyra.*

TABELL 167.

$\mu_\infty = 373$. T = 25,°0.

v	μ	α	k
16	40,44	0,1084	8,24 . 10^{-4}
32	55,79	0,1496	8,23 . »
64	75,90	0,2035	8,13 . »
128	101,9	0,2732	8,02 . »
256	134,7	0,3611	7,97 . »
512	173,7	0,4657	7,93 . »
1024	216,9	0,5815	7,89 . »
2048	260,9	0,6995	7,95 . »

K = 0,0824.

c) *α-Oxi-β-klorisosmörsyra.*

TABELL 168.

$\mu_\infty = 373$. T = 25,°0.

v	μ	α	k
16	35,60	0,09544	6,29 . 10^{-4}
32	49,42	0,1325	6,32 . »
64	67,71	0,1815	6,29 . »
128	91,57	0,2455	6,24 . »
256	121,9	0,3268	6,20 . »
512	158,7	0,4255	6,15 . »
1024	200,6	0,5378	6,11 . »
2048	244,3	0,6550	6,07 . »

K = 0,0630.

För den fjärde af de enbasiska syrorna med klor i β-ställning, α-oxi-β-klor fenylpropionsyran, kunde ledningsförmågan vid 25°,0 ej bestämmas. Den sönderdelas nämligen vid denna temperatur i vattenlösning tämligen hastigt. Vid en ut spädning af v = 200 sjönk motståndet i elektrodkärlet på 3 min. från 58 till 57 ohm.

Vid följande syra blef på grund af ett räknefel v icke något jämnt tal. I stället är här normaliteten (n) angifven.

d) *α-Klor-β-oxismörsyra.*

TABELL 169.

$\mu_\infty = 373$. T = 25,°0.

n	μ	α	k
0,024826	102,6	0,2751	2,59 . 10^{-3}
0,012413	134,8	0,3614	2,54 . »
0,006206	173,2	0,4643	2,50 . »
0,003103	215,8	0,5786	2,47 . »
0,001552	258,8	0,6938	2,44 . »
0,000776	297,4	0,7973	2,43 . »

K = 0,26.

e) *α-Klor-β-oxifenylpropionsyra.*

TABELL 170.

$\mu_\infty = 369$. T = 25,°0.

v	μ	α	k
16	66,35	0,1798	2,46 . 10^{-3}
32	90,80	0,2461	2,51 . »
64	120,6	0,3268	2,48 . »
128	156,5	0,4241	2,44 . »
256	196,5	0,5325	2,37 . »
512	239,3	0,6485	2,34 . »
1024	276,9	0,7504	2,20 . »

K = 0,248 (Medium af de första bestämningarne).

f) *Kloräpplesyra.*

TABELL 171.

$\mu_\infty = 373$. T = 25,°0.

v	μ	α	k
16	90,01	0,2413	4,80 . 10^{-3}
32	119,7	0,3209	4,74 . »
64	155,9	0,4180	4,69 . »
128	197,7	0,5300	4,67 . »
256	243,0	0,6515	4,76 . »
512	289,1	0,7751	5,22 . »
1024	333,3	0,8936	7,33 . »

K = 0,48

I Tab. 172 ha samtliga affinitetskonstanter sammanställts.

Sammanställning.

TABELL 172.

Tab.	Syra	K
166	α-Oxi-β-klorpropionsyra	0,076
167	» -smörsyra	0,0824
168	» -isosmörsyra	0,0630
169	α-Klor-β-oxismörsyra	0,26
170	» -fenylpropionsyra	0,248
171	Kloräpplesyra	0,48

Den första syrans konstitution är säkert bevisad genom dess syntes (oxidation af epiklorhydrin). En blick på de två följande syrornas affinitetskonstanter visar, att äfven dessa ha kloren i β-ställning. (Den senares konstitution är ju för öfrigt också klarställd af dess syntes.) Slutligen torde de båda α-klor-derivatens konstitutioner ej heller vara tvifvel underkastade. Då för α-oxi-β-klorfenylpropionsyra affinitetskonstanten ej kunde bestämmas, måste man å annat håll söka någon hållpunkt för klargörandet af dess kostitution. En sådan ligger i dess syntes, som är analog med syntesen af α-klor-β-oxismörsyran, i det i båda fallen klorväte anlagras till en glycidsyra. Kanske är såsom en dylik hållpunkt också att anse dess förhållande i neutral lösning, i det denna kort efter neutraliseringen åter antar sur reaktion, antagligen under produktion af klorjoner och samtidig bildning af en β-lakton (se anmärkningen sid. 63!) Slutligen skulle den stora hastighet, hvarmed den sönderdelas af alkali, väl kunnat tillmätas en viss betydelse för dess konstitutionsbestämning, om ej i det föregående visats, att en klorhydrinsyra med kloren i α- kan sönderdelas hastigare än en med kloren i β-ställning.

I analogi därmed att n-smörsyran har större affinitetskonstant än propionsyran, är här den högre homologen (α-oxi-β-klorsmörsyran) också den starkaste. Isosmörsyrederivatet är svagare än motsvarande normala; möjligen är samma förhållande rådande mellan stamsubstanserna också. Dock synas mätningarna vid dessa senare ej fullt säkra [1].

Ej utan intresse är tillämpningen af »*Ostwalds faktorregel*» på dessa affinitetskonstanter. Antaga vi med R. Wegscheider [2] de här ifrågakommande substituenternas förhöjande verkan på affinitetskonstanten uttryckt genom följande faktorer: klor i α 90, i β 6,2; hydroxyl i α 8,4, i β 2,3, få vi (propionsyra: $K = 1{,}4 \cdot 10^{-3}$; n-smörsyra: $K = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$) följande beräknade affinitetskonstanter:

Syra	K (ber.)	K (funn.)
α-Oxi-β-klorpropionsyra:	0,072	0,076
» » » -smörsyra:	0,078	0,082
α-Klor-β-oxismörsyra:	0,31	0,26

[1] Se H. Lundén, »Affinitäts messungen an schwachen Säuren und Basen» (Samml. chem. und chem.-techn. Vorträge) sid. 95.

[2] Centr. bl. 1902 II 199.

I betraktande af att de beräknade K-värdena erhållits genom multiplikation med två faktorer, får öfverensstämmelsen mellan beräknade och funna affinitetskonstanter betraktas som god.

10. **Klorhydrinsyrornas alkaliska sönderdelning.**

(Sammanfattning.)

För de resultat af mera allmän karaktär, hvilka undersökningen af klorhydrinsyrorna lämnat, har i första kapitlet af denna afdelning (delvis redan i den inledande historiken) redogjorts. Dessa resultat berörde sammanhanget mellan syrornas konstitution och de kationkatalytiska fenomenen, och här må anses öfverflödigt att ånyo upprepa dem. Nedan har vikten lagts på den tabellariska sammanfattningen. I följande tabeller ha sålunda sammanförts dels hastighetskoefficienterna i 0,01-molar [1] lösning (reaktionsekvivalenta mängder) för kalk, baryt och natron (tab. 173), dels förhållandet mellan koefficienterna för kalk, resp. baryt till koefficienten för natron (f_1 och f_2 i tab. 174) och slutligen de enligt exponentialformeln exponenterna d (tab. 175).

TABELL 173.

	Kloräpplesyra.	α-Oxi-β-klorpropionsyra.	α-Oxi-β-klorsmörsyra.	α-Oxi-β-kloriso smörsyra.	α-Oxi-β-klorfenylpropionsyra.	α-Klor-β-oxismörsyra.	α-Klor-β-oxifenylpropionsyra.
Reaktionskoefficienten för kalk	38,5	1,42	11,4	12,8	c:a 360 [2]	24,4	135 [3]
Reaktionskoefficienten för baryt	13,3	0,684	5,63	3,72	» 220 [2]	23,3	140 [3]
Reaktionskoefficienten för natron	4,35	0,418	3,72	2,30	» 140 [2]	17,3	112 [3]

TABELL 174.

	Kloräpplesyra.	α-Oxi-β-klorpropionsyra.	α-Oxi-β-klorsmörsyra.	α-Oxi-β-kloriso smörsyra.	α-Oxi-β-klorfenylpropionsyra.	α-Klor-β-oxismörsyra.	α-Klor-β-oxifenylpropionsyra.
f_1	8,9	3,4	3,1	5,6	2,6	1,4	1,2
f_2	3,1	1,6	1,5	1,6	1,6	1,4	1,3

TABELL 175.

	Kloräpplesyra.	α-Oxi-β-klorpropionsyra.	α-Oxi-β-klorsmörsyra.	α-Oxi-β-kloriso smörsyra.	α-Oxi-β-klorfenylpropionsyra.	α-Klor-β-oxismörsyra.	α-Klor-β-oxifenylpropionsyra.
d (kalk)	c:a 0,1	0,270	0,322	0,397	0,4	0,1	Små
d (baryt)	0,341	0,228	0,233	0,250	0,2	0,2	
d (natron)	0,277	0,149	0,116	0,142	0,1	0,1	

[1] I afseende på syran.

[2] T = 0,°2.

[3] Molaritet: 0,045 c:a.

Enligt tab. 174 äro förhållandetalen f_2 för alla de enbasiska syrorna i det närmaste 1 1/2, medan värdena på f_1 visa stora variationer äfven mellan β-klorsyrorna inbördes. Jämföres tab. 174 med tab. 1, ser man också, att *nämnda förhållande f_2, har värdet 1 1/2 i rundt tal för alla hittills undersökta syror.* Exponenten för baryt har vid β-klorsyrorna i de fall, där säker beräkning kunnat ske, ett värde mellan 0,23 och 0,25 och vid α-klorsyrorna något mindre värde; exponenterna för kalk växla i hög grad. Ett högt värde på exponenten för denna bas sammanfaller i *regel* med ett högt värde på f_1. I hvarje fall utgör denna exponents olikhet vid α-klor- och β-klorsyrorna en karaktärisk åtskillnad dem emellan. Den tvåbasiska syrans särställning är utan vidare tydlig. Möjligen skulle omvändt någon af dessa olikheter mellan skilda slag af syror kunna användas för konstitutionsbestämningar.

Rent *kinetiskt sedt* ger tab. 173 vid handen, att den alkaliska sönderdelningshastigheten starkt stiger med molekylvikten. Märkligt är, att α-klor-β-oxismörsyran går fortare sönder (ungefär dubbelt) än α-oxi-β-klorsmörsyran, medan vid de båda fenylsubstituerade syrorna förhållandet är omvändt: β-syran sönderdelas ojämförligt mycket hastigare. Man jämföre härmed den hastighet, hvarmed α-oxisyror bildas ur α-halogensyror och omättade syror ur β-halogensyror: β-halogenen reagerar alltid mångdubbelt fortare.

Det bör ej vara utan intresse att jämföra konstanterna i tab. 173 med de sönderdelningskoefficienter, som de indifferenta klorhydrinerna företedde. I följande tabell ha därför dessa — extrapolerade till t = 0 och i 0,01-molar lösning — sammanställts.

TABELL 176.

Etylenklorhydrin	C_0 = 0,67
Glycerin-α-monoklorhydrin	» = 12
» -α-α_1-diklorhydrin	» = 75
» -α-β- »	» = 0,50
(Epiklorhydrin	» = 0,03)

Såsom Evans redan påpekat, stiger här sönderdelningshastigheten med molekylvikten. Härvid göra sig emellertid konstitutiva inflytanden starkt gällande (man jämföre de båda diklorhydrinerna). Genomsnittligt är konstanten för en indifferent klorhydrin större än för en af syrorna med samma molekylvikt.

Rättelse.

Å sid. 14 ändras i den sista formeln (a — b) till (b — a).

Resumé.

Fyra indifferenta och sju klorhydriner med syrekaraktär undersöktes i afseende på sin sönderdelning i alkalisk lösning med olika baser.

Härvid visade det sig, att de förra i stort sedt förhöllo sig lika mot alla undersökta baser, och att blott i undantagsfall natron och baryt företedde någon olikhet i verkningssättet. Reaktionen var här — i motsats till hvad tidigare undersökningar gett vid handen — öfverallt i det närmaste af andra ordningen. Reaktionskoefficienterna aftaga emellertid under reaktionens lopp och äro därjämte större i utspädd än i koncentrerad lösning, med större variationer än t. ex. vid den alkaliska esterförtvålningen. Medelst kinetiska bestämningar, kombinerade med fraktionerade destillationer, visades, att handelns α-monoklorhydrin praktiskt taget ej kan fås fri från β-monoklorhydrin, men att däremot ren α-förening bildas ur epiklorhydrin och vatten. Kinetiskt bestämdes vidare i fyra olika fall sammansättningen af isomeriblandningar (glycerinklorhydriner), uppkomna genom addition af hypoklorit till omättade föreningar eller af klorväte till inre etrar, och voro resultaten härvid delvis i strid med äldre uppfattningar. Den alkaliskt-kinetiska metodens skärpa i jämförelse med andra metoder vid konstitutionsbestämningar på klorhydriner och föreningar af andra typer påpekades.

Vid syrorna kunde i allmänhet den alkaliska sönderdelningshastigheten representeras af vackra reaktionskoefficienter af andra ordningen, olika för olika baser och beroende af metalljonkoncentrationen på ett sätt, som kunde återges enligt tvenne af Holmberg uppställda formler, en exponential- och en lineär, hvarvid möjligen företräde måste gifvas åt den förra (empiriska). Det framgick, att den undersökta tvåbasiska syran intog en särställning i förhållande till de enbasiska. (En öfverblick öfver försöksmaterial från annat håll bekräftade detta resultat.) Därjämte läto de enbasiska inbördes dela sig i tvenne grupper med bestämda olikheter i sin alkaliska sönderdelning. Syrorna med klor i α-ställning företedde katalysfenomen i mindre utpräglad grad (kalk och baryt verkade här lika) än de, som hade kloren i β-ställning. Baryt verkade vid alla de enbasiska syrorna i 0,01-molar lösning 1 ½ gång starkare än natron, hvilket synes vara en fullt allmän regel.

Vid tvenne af syrorna upptäcktes dimorfi (se dock härom sid. 77), och för sex af dem bestämdes den elektriska ledningsförmågan. Slutligen äro en del rent preparativa undersökningar, företrädesvis vid syrorna, att anteckna.

(Tryckningen afslutad den 15 oktober 1914).

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 11. Nr 3.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 26. Nr 3.

ÜBER DIE BAUMECHANIK BEI ÄNDERUNGEN IM ZAHLENVERHÄLTNIS DER BLÜTE

VON

SV. MURBECK

MIT 8 TAFELN UND 6 TEXTFIGUREN

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Der K. Physiographischen Gesellschaft vorgelegt am 4. November 1914.

LUND 1914
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

Wie bekannt ist es eine ganz gewöhnliche Erscheinung, dass die Zahl, die dem Blütenbau einer Pflanzenart zu Grunde liegt, nicht vollkommen constant ist. Eine Art mit typisch dreizähligen Blüten bildet ja oft genug ausser diesen auch eine grössere oder geringere Anzahl zwei- oder vierzähliger aus, und ebenso kann man ja auch bei Gewächsen mit typisch tetrameren oder pentameren Blüten häufig finden, dass die vorherrschende Zahl bei einem Teil der Blüten gegen eine niedrigere oder höhere ausgetauscht ist. Angaben über eine derartige Variation, für welche ich die Bezeichnung *Anomomerie* empfehle, finden sich überall in der floristischen, teratologischen und blütenmorphologischen Literatur; in letzter Zeit hat man sogar bei einer Reihe von Gewächsen statistische Untersuchungen über die relative Anzahl der verschiedenen Blütentypen, ihre Verteilung innerhalb der Inflorescenz, ihre Häufigkeit innerhalb verschiedener Teile des Verbreitungsbezirkes der Art u. s. w. vorgenommen.

Dagegen scheint niemand zu Untersuchungen über die Art und Weise, dergemäss derartige Veränderungen vor sich gehen, angeregt worden zu sein, d. h. zur Feststellung der baumechanischen Mittel, die tatsächlich in Anwendung kommen, wenn sich z. B. eine pentamere Blüte in eine tetramere oder hexamere umwandelt. In der Literatur begegnet man zwar nicht selten Angaben, die tatsächlich hierhergehören [1], da sie sich aber zumeist bloss auf einzelne, oft nur zufällig beobachtete Entwicklungsphasen der fraglichen Umwandlungsprocesse beziehen und ausserdem auf einem allzu geringen Beobachtungsmaterial fussen, so geben sie fast niemals mehr als blosse Andeutungen oder nur allzu fragmentarische und unzuverlässige Bilder des Entwicklungsverlaufes. Eine speciell in der eben angedeuteten Absicht unternommene Untersuchung scheint jedesfalls nicht vorzuliegen.

Dennoch bietet das Studium der Art, wie die besagten Umwandlungsprocesse vor sich gehen, verschiedene sowohl an und für sich als auch vom allgemein

---

[1] Ein Teil derselben findet sich bei L. Čelakovský, Das Reductionsgesetz der Blüthen, etc. (in Sitzungsber. d. K. Böhm. Gesellsch. d. Wissensch., Mathem.-nat. Cl., Jahrgang 1894) zusammengestellt. — Siehe sonst u. a. Gross, H.: Beitr. z. Kenntnis der Polygonaceen (in Engler's Botan. Jahrbücher, Bd. XLIX [1912]); Goebel, K.: Über »gepaarte» Blattanlagen (in Flora, Neue Folge, Bd. 3 [1911]); Cohn, F. M.: Beitr. zur Kenntnis der Chenopodiaceen (in Flora, Neue Folge, Bd. 6 [1914]).

morphologischen Gesichtspunkt aus interessante Probleme dar. Zunächst muss man sich fragen, ob die bei *Pleiomerie* hinzutretenden Organe sich aus neuentstandenen Anlagen entwickelt haben oder ob sie von bereits vorhandenen abgetrennt worden sind, und ob die bei *Meiomerie*[1] verschwundenen Organe an Ort und Stelle abortiert oder durch Verschmelzung in andere aufgegangen sind. Weiters drängt sich die Frage auf, ob bei solchen Zahlenveränderungen die umgestaltende Tätigkeit mehr localisiert ist, oder ob sie sich auf die Blüte als Ganzes erstreckt, d. h. ob die verschiedenen Organe (Kelch-, Kron- und Staubblätter etc.) als einheitliche Gruppe einer bestimmten, begrenzten Stelle des Blütenbodens eingefügt bzw. von dort eliminiert werden oder ob dabei eine Verteilung stattfindet.

Zwecks Beantwortung dieser und anderer mit diesen in Zusammenhang stehender Fragen habe ich unter anderm bei zwei Rosaceen Untersuchungen angestellt, von welchen lebendes Material in unbegrenzter Menge zur Verfügung stand, nämlich teils bei dem normal fünfzähligen *Comarum palustre* L., teils bei der normal vierzähligen *Alchemilla vulgaris* L.

Bevor ich über die gemachten Beobachtungen berichte, muss hervorgehoben werden, von welcher ausserordentlichen Bedeutung es ist, dass Untersuchungen fraglicher Art bei einem Material vorgenommen werden, das in seinem Blütenbau keine andere Veränderungen aufweist als solche, die tatsächlich mit der Anomomerie im Zusammenhang stehen. Nur unter dieser Voraussetzung können einwandfreie Resultate erzielt werden. Die meisten Rosaceen weisen aber, wie bekannt und wie ich in einer folgenden Arbeit näher nachweisen werde, sehr grosse Variationen in der Zahl und Stellung der Staubblätter auf und bilden daher ein wenig geeignetes Untersuchungsmaterial. Anders verhält es sich jedoch mit *Comarum palustre*. Wenn man von dem Umstande absieht, dass die Kronblätter, die ja hier stets schwach ausgebildet sind, nicht selten eine Neigung zum Abortieren zeigen und dass ferner die Kelchstipulæ durch eine häufig zweischneidige Spitze ihre Natur eines Doppelorganes verraten, kann man sagen, dass der Blütenbau, sofern er nicht in Richtung von Meio- oder Pleiomerie beeinflusst ist, vollkommen constant erscheint; was insbesondere das Androeceum betrifft, so kann auch dieses sowohl was die Anzahl der Glieder als auch ihre Stellung betrifft, als unveränderlich bezeichnet werden. Auch bei *Alchemilla vulgaris* begegnet man im Blütenbau nur solchen Schwankungen, die in directer Beziehung zu den hier behandelten Processen stehen.

---

[1] Das Wort ist in Analogie zu »Meiophyllie» gebildet, womit DAMMER in seiner Übersetzung von MASTERS' Pflanzen-Teratologie (p. 453) eine »verringerte Blattzahl im Quirle» bezeichnet. — Meiomerie ist identisch mit DAMMER's »Meiophyllie der Blüte als Ganzes» (l. c., p. 457).

Comarum palustre L.

Die Untersuchungen über diese Pflanze wurden im Sommer 1907 und 1908 in der Umgebung von Ryd im südlichen Småland ausgeführt, wo diese Art sehr allgemein auf sumpfigem Boden auftritt. Ein Teil ergänzender Beobachtungen wurden an gleichem Ort 1912 und 1914 vorgenommen.

Beiläufig 1,600 Blüten sind näher untersucht worden. Von diesen waren circa 1,100 rein pentamer, während 480 Meio- oder Pleiomerie oder in jedem Fall die Neigung hierzu aufwiesen. Von sämtlichen auf diese Weise abweichenden Blüten wurden Diagrammzeichnungen gemacht, von welchen, im Vorbeigehen bemerkt, über 300 irgend welche Abweichungen von einander zeigen, zumindest dann wenn man auf die Orientierung der Blüte zur Mutteraxe Rücksicht nimmt. — Von den 480 vom pentameren Typus abweichenden Blüten sind ungefähr 20 % in meiomerer Richtung entwickelt, wobei es bei der Vierzahl stehen bleibt; unter den anderen, in pleiomerer Richtung abweichenden Blüten trifft man nicht nur 6-zählige, sondern, wiewohl in immer grösserer Seltenheit, auch 7-, 8-zählige u. s. w. — Wie man erwarten konnte, zeigt sich Meiomerie vor allem in den spätest entwickelten Blüten einer Inflorescenz, besonders an schwächlichen Individuen; Pleiomerie dagegen ist ausserordentlich häufig bei den zuerst entfalteten Blüten zu finden, insbesonders auf kräftigen Exemplaren. Die Plus- oder Minusvariationen im Zahlenverhältnis der Blüte dürften daher hier, wie auch sonst, wenn schon nicht ausschliesslich, so doch zum wesentlichen Teil auf einer übermässigen bzw. mangelhaften Nahrungszufuhr beruhen.

Die normal gebaute Blüte.

Den an der Basis sehr breiten, mit Stipularbildungen versehenen Kelchblättern und den 5 kleinen, ungewöhnlich schmalen Kronblättern folgt ein Androeceum, das constant aus 20 Staubgefässen (siehe Fig. 1 [1]) besteht, deren 5 kräftigste und längste vor der Mitte der Sepalen stehen, während die übrigen vor den Kronblättern dreizählige Gruppen zu bilden scheinen. Wenn man bei dem Versuch, die 20

[1] Die Kelchstipulæ sind hier ausgelassen und die Staubblätter an der Basis durchschnitten gedacht.

Staubgefässe in Kreise zu ordnen, nur ihren Abstand von dem Centrum der offenen Blüte im Auge behielte, würde man zu dem Resultat gelangen, dass die mit *st.* s_1 bezeichneten einen äussersten 10-zähligen Kreis bilden, die mit *st. p.* bezeichneten einen 5-zähligen mittleren, dass ferner die grossen, genau episepalen Staubgefässe (*st.* s_2) einen dritten, innersten Kreis darstellen. Dieses Resultat wäre jedoch vollkommen unrichtig. Dass die 5 letztgenannten Staubgefässe dem Centrum näher stehen beruht nämlich darauf, dass der Ring des Receptaculums, von welchem die Androecealglieder ausgehen, während der Entwicklung der Blüte eine ausgesprochen kantige Form erhält, indem er vor der Mitte jedes Kronblattes in einer Ecke vorstösst, während sich im Gegensatz hierzu vor jedem Kelchblatte eine kleine Einbuchtung gebildet hat. In Wirklichkeit ist der scheinbar mittlere Kreis, bestehend aus den 5 vor der Mitte der Petalen gelegenen Staubgefässen (*st. p.*), als der innerste anzusehen, eine Annahme, die teils dadurch bestätigt wird, dass etwa die Hälfte ihrer Basalfläche sich bis vor den inneren Rand des genannten Ringes vorschiebt, teils auch dadurch, dass dort, wo sich eine deutliche Verschiedenheit bezüglich des Zeitpunktes findet, zu welchem sich die Antheren öffnen, die hiehergehörigen Antheren zuletzt kommen. Ich betrachte daher diese 5 Staubgefässe (*st. p.*) als einen inneren Androecealkreis, bezeichne sie aber im Folgenden mit dem rein topographischen und theoretisch indifferenten Namen der Kronstaubblätter. Die 15 übrigen, die 3 und 3 innerhalb der breiten Sepalbasen stehen, stellen meiner Ansicht nach einen äusseren Androecealkreis dar, eine Auffassung für deren Richtigkeit ich in einer folgenden Arbeit den Beweis liefern werde; hier bezeichne ich sie ganz einfach als mediane resp. als laterale Kelchstaubblätter und will nur darauf hinweisen, dass die Basalflächen der beiden lateralen kaum den inneren Rand des Receptacelringes erreichen.

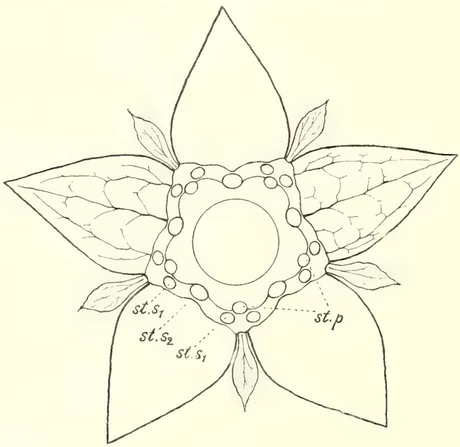


Fig. 1.
Blüte von *Comarum palustre* L. Aussenkelchblätter und Gynæceum sind ausgelassen. Die Staubgefässe sind am Grunde durchschnitten gedacht.

Im übrigen ist bezüglich der normal gebauten Blüte nur an das zu erinnern, worauf im Vorübergehen bereits hingewiesen wurde, dass nämlich einerseits ein oder das andere Aussenkelchblatt oft mehr oder weniger tief zweischneidig auftritt und

dass anderseits die Kronblätter nicht selten die Tendenz zum Abortieren zeigen. Das Fehlen eines Kronblattes steht, wie wir im Folgenden sehen werden, sehr oft im Zusammenhang mit Meiomerie, aber ganz unabhängig davon findet sich bei der fraglichen Pflanze, insbesonders bei schwächlichen Individuen, eine Tendenz zum Abort der Kronblätter. Eine vollständig apetale Blüte, d. h. eine solche, bei welcher nicht einmal eine Spur der Kronblätter vorhanden war, habe ich zwar nicht angetroffen, bei einer jedoch war nur eines voll entwickelt, während die anderen zu $^1/_2$—2 mm. langen Pfriemspitzen reduziert waren (Fig. 2, *h* & *i*). Blüten, bei welchen 1—3 Kronblätter abortiert resp. stark zurückgebildet waren, sind dagegen nicht selten. Ich habe mehr als 20 solcher aufgefunden; ein grosser Teil derselben war 4-zählig. — Hier soll auch die Art, wie die Abortierung des Kronblattes vor sich geht, angedeutet werden. Bei diesem Vorgange nehmen nämlich nicht immer die Dimensionen des Kronblattes ganz einfach ab, bis nur eine glandelförmige Erhebung oder ein abweichend gefärbter Fleck an der Insertionsstelle zurückbleibt; statt dessen geht es

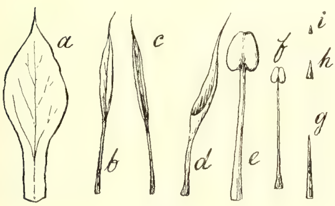


Fig. 2.

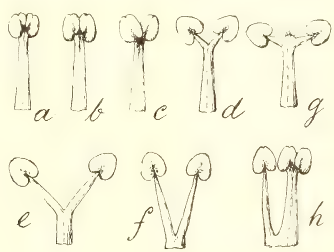


Fig. 3.

oft so vor sich, dass die Blattlänge erhalten bleibt, während die Breite dagegen bedeutend abnimmt, wobei die untere Hälfte fadenförmig, die obere dagegen rinnenförmig [entweder nach aussen oder nach innen (Fig. 2, *b* & *c*)] oder schmal tutenförmig (Fig. 2, *d*) wird. Von ganz besonderem Interesse ist es aber, dass das Kronblatt, bevor es wie in Fig. 2, *g*—*i* reduziert wird oder ganz verschwindet, die Form eines durchaus typischen Staubgefässes, und zwar eines fertilen oder sterilen, angenommen haben kann (Fig. 2 *e*, *f*). Dieses Verhalten, welches innerhalb der Papaveraceen-Familie [1] allgemein verbreitet auftritt und das sich bei der hier besprochenen Pflanze noch häufiger bei den zu Meiomerie oder Pleiomerie führenden Umwandlungsprocessen als bei reinem Abort findet, scheint mir für die Deutung des Blütenbaus von *Alchemilla* bedeutungsvoll, worauf bei Behandlung dieser Gattung eingegangen werden soll.

---

[1] Murbeck, Sv.: Untersuchungen über den Blütenbau der Papaveraceen, 1912 (K. Sv. Vet.-Akad:s Handlingar, Bd. 50. N:o 1).

Entstehung der Pleiomerie.

Wie bereits erwähnt, finden sich bei *Comarum palustre* nicht nur 6-zählige Blüten, sondern auch 7- und 8-zählige etc. Hier soll nun in erster Linie eine ausführliche Schilderung der Art, wie **Hexamerie** zustande kommt, gegeben werden; die Entstehung einer höheren Zahl kann dann mehr summarisch behandelt werden, da die hiebei eingeschlagenen Wege dieselben sind wie diejenigen, die zur Hexamerie führen.

Bezüglich der Sechszahl möge es sogleich hervorgehoben werden, dass sie in der Weise zustande kommt, dass die erforderlichen neuen Organe eine geschlossene Gruppe bilden, für welche dadurch Raum geschaffen wird, dass der Blütenboden sich an einer bestimmten Stelle seiner Peripherie gleichsam öffnet und zu einem neuen, sectorförmigen Teil erforderlicher Breite ausdehnt. Die Organbildung findet somit nur längs eines Radius der Blüte statt. Dieser Radius kann aber entweder durch ein Kelchblatt oder durch ein Kronblatt gehen und folglich entweder episepal oder epipetal sein; übrigens kann es auch, obwohl nur seltener, geschehen, dass die neue Organgruppe längs einer Linie eingeschoben wird, welche zwischen zwei derartigen Radien liegt. Ein Blick auf Fig. 1 zeigt, dass der fragliche Neubildungsprocess sich für diese drei Fälle in seinen Details verschieden gestalten muss. Jeder einzelne Fall erfordert daher seine eigene Behandlung.

1. *Die Organbildung geht längs eines episepalen Radius vor sich* (*Episepale Pleiomerie*). — Dieser Fall, den Diagr. 1—20 (Taf. 1) illustrieren, ist der häufigste. — Da es sich gezeigt hat, dass der Radius, längs welchen die Organbildung stattfindet, ungefähr gleich oft z. B. durch Sep. 4 oder 5 wie durch Sep. 1 oder 2 geht, war es ja zwecklos, die Orientierung der Blüten zu ihrer Mutteraxe anzugeben; an Stelle dessen habe ich, um den Überblick über den Verlauf des Vorganges zu erleichtern, den fraglichen Radius in sämtlichen hierhergehörigen Diagrammen nach aufwärts orientiert.

Die Veränderungen werden damit eingeleitet, dass das vor dem Kelchblatte stehende Staubgefäss in zwei zerfällt (Diagr. 1—4). Der Spaltungsprocess ist zuerst an dem Breiterwerden des Filamentes zu erkennen (Diagr. 1). Dann beginnt die Anthere sich zu teilen, zuerst an der Spitze (Fig. 3, *a*) und dann auch tiefer (*b*, *c*), worauf endlich der Faden sich ungleich tief zweiteilt (Diagr. 3 und Fig. 3, *d*, *e*, *f*[1]), so dass endlich zwei vollkommen getrennte Staubgefässe vorhanden sind (D. 4). In 40 verschiedenen Blüten sind frühere oder spätere Stadien dieses Teilungsprocesses aufgefunden worden. Inzwischen bleibt es nicht bei einer Zweiteilung. Das eine Glied des so entstandenen Staubblattpaares spaltet sich nämlich meistens von neuem in zwei, und diese neue Spaltung, welche in sechs verschiedenen Blüten

[1] Fig. 3, *g* zeigt einen, bei zwei verschiedenen Blüten beobachteten seltsamen Fall, wo der gemeinsame Teil des Filamentes an der Verzweigungsstelle eine kleine Erhebung besass, welche Haare gleicher Beschaffenheit aufwies, wie sie auf der Innenseite des Receptaculums auftreten.

direct beobachtet wurde, tritt oft schon ein, bevor die erste vollendet ist, wie aus Diagr. 5 und der hiezugehörigen Fig. 3, *h* hervorgeht. Zumeist geht jedoch die Teilung gleichsam in zwei verschiedenen Tempos vor sich, wie in D. 6—8. Das Resultat ist jedesfalls dieses, dass das mediane Kelchstaubblatt in drei Glieder zerfällt, die alle ungefähr die gleiche Grösse besitzen wie das Mutterstaubblatt. — Die drei Teilungsproducte stehen anfangs ungefähr gleich weit entfernt vom Centrum der Blüte (D. 5 & 6), nur selten wie in D. 7 & 8; bald genug beginnt jedoch das mittlere sich mehr und mehr der Peripherie zu nähern und gleichzeitig beginnen die beiden seitlichen sich immer mehr von einander zu entfernen (D. 10).

Bevor der erwähnte Teilungsprocess beendet worden ist, weist auch das Kelchblatt gewisse Veränderungen auf. Diese beginnen jedoch bedeutend später, nämlich mit seltenen Ausnahmen erst zu dem Zeitpunkte, wo das Staubgefäss dreigeteilt wird. Vorher ist das Kelchblatt in der Regel nur etwas breiter geworden. An dem genannten Zeitpunkte nimmt aber die Breite des Kelchblattes noch mehr zu und gleichzeitig beginnt eine Spaltung desselben, die jedoch beinahe in keinem Fall vollendet ist, bevor weitere Teilungen im Androeceum eingetreten sind. Zu dieser Erscheinung, dass Spaltungen im Androeceum weit leichter zustande kommen als in einem Hüllkreis, kommen wir im folgenden zurück.

Von den drei auf eben besprochene Art entstandenen Staubgefässen unterzieht sich nun das mittlere noch weiteren Teilungen [1]. Dabei kann es bisweilen bei einer Zweiteilung bleiben. Dies ist der Fall bei den Blüten, die durch Diagr. 11—13 repräsentiert werden. In D. 11 ist das besprochene Staubgefäss so schwach gewesen, dass bei seiner Spaltung nur der rechte Teil zu voller Ausbildung gelangt ist; der linke wird nämlich bloss durch eine kleine, nahe daran grenzende, eichelförmige Erhebung vertreten. In D. 12 dagegen sind beide Partner vollkommen ausgebildet und gleich stark; auch hier stehen sie eng bei einander. In D. 13, zu welchem Fall wir bald zurückkommen, haben sie, wie wir sehen, eine andere Stellung. In der Regel verbleibt es jedoch nicht bei einer Zweiteilung, sondern das fragliche Staubgefäss zerfällt entweder in 3 Glieder, wie in D. 14—16, oder auch — und dies ist der normale Fall — in 4, von welchen das am weitesten an der Peripherie liegende sich typisch in ein Kronblatt umgestaltet. Die in Rede stehende Vierteilung geschieht offenbar in der Regel auf einmal oder, so zu sagen, in einem sehr hastigen Tempo. Es war daher nicht möglich, an dem untersuchten Materiale mit Sicherheit zu bestimmen, ob die Teilungsphasen in einer bestimmten Ordnung aufeinander folgen oder ob, was wohl am wahrscheinlichsten erscheint, Variationen im Verlaufe vorkommen. In jedem Fall dürften die hiehergehörigen Diagramme (D. 14—19) wohl klar beweisen, dass die ganze vierzählige Staminalgruppe, resp. die drei Staubgefässe und das ausserhalb derselben befindliche Kronblatt, wirklich durch Teilungen aus dem besprochenen medianen Staubgefässe hervorgegangen sind. In D. 16 mit zugehöriger Detailfigur sehen wir nämlich, dass zwei von den drei Staubgefässen noch

[1] Nur selten verbleibt es ungeteilt, wie in D. 10 und in einer Anzahl anderer Blüten. Stets erscheint es auch dann etwas schwächer als die beiden Geschwisterstaubblätter.

in der ganzen Länge der Filamente mit einander verbunden sind, und in D. 18 sind zwei von ihnen bis zur Mitte mit einander vereinigt, während alle drei an der Basis zusammenhängen. Was das vierte, bald als Staubblatt, bald als Kronblatt ausgebildete Glied betrifft, so würde man, bei ausschliesslicher Betrachtung des z. B. in D. 18 vorliegenden Verhältnisses, denken können, dass dieses Glied auf andere Weise entstanden ist. Dies ist aber gewiss nicht der Fall. Wenn wir D. 14 betrachten, so finden wir an der fraglichen Stelle zwei Staubgefässe, deren eines zwei Antheren aufweist und eine solche Stellung besitzt, dass wir, wenn die Spaltung auch dessen Faden erreicht hätte, eine dreizählige Gruppe erhalten haben würden, deren Glieder in gleicher Weise wie in D. 17 angeordnet sind; die eine Hälfte des unvollkommen geteilten Staubblattes entspricht mit anderen Worten dem Glied der Gruppe, welches typisch die Gestalt eines Kronblattes hat. In gleicher Weise hat in D. 15 das linke Staubgefäss eine abweichende Stellung: dieses steht nämlich entschieden gegen den Platz zu verschoben, den sonst ein Kronblatt einnimmt, und da es zugleich ein etwas dickeres Filament hat als die 2 andern, so ist deutlich zu ersehen, dass wir, wenn eine Teilung zustande gekommen wäre, eine vierteilige Gruppe mit der gleichen Anordnung wie in D. 19 erhalten hätten. Auch D. 15 bildet daher einen Beweis dafür, dass das am weitesten gegen die Peripherie zu gelegene Glied, sei es dass es die Gestalt eines Kronblattes oder eines Staubgefässes zeigt, auf gleiche Weise wie die andern entstanden ist. — In D. 19 finden wir dieses Glied als normales Staubgefäss ausgebildet und dies war auch bei einigen andern der untersuchten Blüten der Fall [1]. In der Regel nimmt dieses Glied jedoch wie erwähnt die Gestalt eines Kronblattes an. Allein es kommen auch Übergänge vor. In zwei Blüten hatte das fragliche Blattorgan die Form eines Staubgefässes, dessen Anthere jedoch im einen Falle auf einer Seite ein ziemlich grosses, flügelartiges und korollinisch gefärbtes Anhängsel hatte (Fig. 5, *a*); im anderen Falle war die Anthere stark abgeflacht und führte nur am äussersten Rande Pollen. In einer dritten Blüte hingegen war der Character eines Kronblattes überwiegend, aber das Organ war in seinem unteren Teile schmal und filamentähnlich (Fig. 5, *b*). Es ist klar zu ersehen, dass die Ausbildung als Sexualblatt ein Übergangsstadium darstellt und dass das fragliche Organ erst wenn der Umwandlungsprocess zum Abschluss gelangt, die Form eines, wenn auch ganz bescheidenen, Schauorganes annimmt.

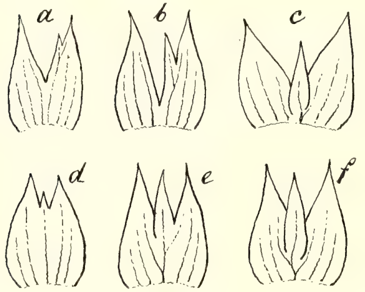


Fig. 4.

[1] So z. B. auch in D. 13, wo das in der Medianlinie stehende Staubgefäss offenbar dem Kronblatt entspricht.

Es erübrigt nur noch dem Spaltungsprocess zu folgen, dem das Kelchblatt, wie wir sahen, unterworfen ist. Dieser kann auf verschiedene Weise verlaufen, indem er bald als Zweiteilung, bald am ehesten als Dreiteilung vor sich geht. Im erstgenannten Falle (Fig. 4, *a—c*) spaltet sich der Mittelnerv des Kelchblattes und das Kelchblatt selbst teilt sich immer tiefer in zwei Hälften, während gleichzeitig von der Innenkante der einen Hälfte ein Lappen abgetrennt wird, der sich zu einem Aussenkelchblatt umwandelt. Im letztgenannten Falle hingegen (Fig. 4, *d—f*) kann man sagen, dass der Mittelnerv persistiert; hier teilt sich das Blatt in zwei grössere laterale Lappen, die zu zwei Kelchblättern auswachsen, und in einen kleineren Mittellappen, der zu dem Aussenkelchblatt wird und den geschwächten Mittelnerven enthält. Zwischen diesen beiden Typen finden sich jedoch zahlreiche Übergänge.

Auf diese Weise ist nun Hexamerie erreicht (vergleiche D. 20). Sie ist, wie wir sahen, durch einen streng localisierten Vorgang, der ganz einfach in der Spaltung eines Kelchblattes und des vor seinem Mittelnerve stehenden Staubgefässes besteht, zu stande gekommen. Von besonderem Interesse ist, dass das neue Kronblatt nicht aus einer neuhinzugekommenen Kronblattanlage hervorgeht, sondern durch die korollinische Ausbildung eines der Teilungsproducte des Staubgefässes geschaffen wird.

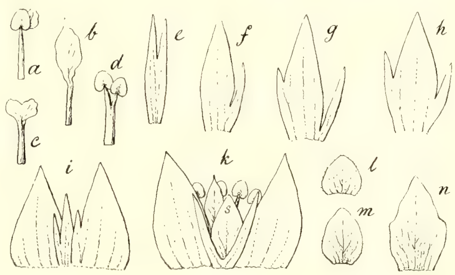


Fig. 5.

2. *Die Organbildung geht längs eines* ***epipetalen*** *Radius vor sich.* (*Epipetale Pleiomerie.*) — Dieser Fall ist beinahe ebenso häufig wie der vorhergehende. — Das Kronblatt, vor welchem die Organbildung stattfindet, ist der besseren Übersicht wegen in allen hierhergehörigen Diagrammen (Taf. 2, D. 21—40) nach unten gewendet worden.

Der hier besprochene Vorgang wird damit eingeleitet, dass sich das vor dem Kronblatt befindliche Staubgefäss spaltet. In 21 verschiedenen Blüten konnte diese Spaltung, die in ihren verschiedenen Phasen genau die gleichen Bilder zeigt wie in Fig. 3, *a—f*, direkt beobachtet werden (D. 21). In 36 andern Blüten war der Teilungsvorgang vollendet, so dass die Teile als zwei von einander vollkommen getrennte Staubblätter erschienen (D. 22). In der Regel tritt erst hierauf die Zweiteilung des Kronblattes selbst ein. Bei den eben erwähnten 21 Blüten fand sich nämlich kaum eine Andeutung davon, indem das Kronblatt bloss bei 5 von ihnen eine geringe Breitenzunahme zeigte; bei den 36 Blüten, bei welchen die Spaltung des Staubblattes bereits vollendet war, wies das Kronblatt nur in 14 Fällen eine Zunahme von Nervenzahl und Breite auf und nur in 3 Fällen war seine Teilung vor sich gegangen (D. 23). Auch hier können wir daher feststellen, dass Spaltungen viel leichter

im Androeceum als in einem Hüllkreis zustande kommen (vergl. Seite 9), ein Verhältnis, das für die Deutung der Polyandrie zahlreicher Rosaceen nicht ohne Interesse ist. Dass diese tatsächlich auf Spaltungen von Anlagen beruht, die nur zwei Kreise darstellen, will ich in einer folgenden Arbeit mit anderen Gründen zu beweisen suchen. — Was die Teilung des Kronblattes betrifft, mag im Vorbeigehen betont werden, dass ich den Spaltungsprocess niemals auf andere Weise unmittelbar beobachten konnte, als auf Grund der erfolgten Verbreiterung sowie der Vergrösserung der Nervenzahl des Blattes. Partielle Teilungen, wie man sie in grosser Menge bei den Staubgefässen der behandelten Pflanze antrifft, habe ich daher bei den Petalen nicht beobachtet. Dies steht offenbar damit in Zusammenhang, dass eine Spaltung des Mittelnerven, wenn eine solche am Kronblatte erfolgt, immer in der ganzen Länge desselben stattfindet. Eine Erklärung für diese Erscheinung könnte wohl kaum gegeben werden, aber das erwähnte Verhältnis ist jedesfalls von Interesse, nachdem es einen Beweis dafür liefert, dass die Verdoppelung der Petalen sehr leicht innerhalb einer Pflanzengruppe, z. B. den *Cruciferæ*, stattgefunden haben kann, selbst wenn man nicht imstande ist dies durch den Befund von partiellen Teilungen direct nachzuweisen [1].

Nach der Spaltung des Kronblattes rücken die beiden hierdurch entstandenen Petalen nach und nach immermehr auseinander und gleichzeitig hiermit setzt die Teilung des Kronstaubblattes fort, dessen Zweiteilung wir eben beobachtet haben. Man findet daher vor allererst Blüten, wo dasselbe in drei [2] zerfallen ist wie in D. 24 *a* & *b*, wo das mittlere von ihnen der Peripherie genähert ist, und in D. 25, wo es ungefähr in gleicher Höhe steht wie die zwei andern, und in D. 26, wo es sich im Gegenteil dem Centrum nähert und zugleich dieselben Dimensionen hat, welche die medianen Kelchstaubblätter der Blüte auszeichnen. Zum Schluss aber, d. h. nachdem die Hexamerie bezüglich der Krone und des Androeceums durchgeführt ist, hat sich das fragliche Staubblatt in fünf Glieder geteilt, welche stets die in D. 32 u. 33 vorhandene Anordnung zeigen: zwei von ihnen sind zu Kronstaubblättern geworden, während die drei zwischen ihnen befindlichen eine neue Gruppe von Kelchstaubblättern darstellen (zwei laterale, kleinere und mehr peripherische und ein medianes, grosses und mehr central belegenes). Diese Fünfteilung ist meistens vollkommen wie in D. 33 und es ist daher kaum möglich, den Verlauf des Vorganges in all seinen Einzelheiten zu verfolgen. Bisweilen ist die Pentade jedoch unvollständig, wie in D. 27—32, und da kann es auch geschehen, dass die Spaltung an ein oder der anderen Stelle nur partiell erfolgt. Dank dieses Umstandes

[1] Bisweilen geschieht es, dass bei Zweiteilung einer Kronblattanlage der eine Teil als Staubgefäss ausgebildet wird. Einen Übergang hierzu zeigt D. 24 *b*, wo wir rechts ein Staubgefäss vor uns haben, dessen beide Antherhälften steril und auf eine Art, die in Fig. 5, *c* näher angegeben, blattartig verbreitert sind.

[2] Eine Andeutung hiervon findet sich zuweilen bereits bei der Zweiteilung des Staubgefässes. So weist Fig. 5, *d* ein zu D. 21 gehöriges Staubgefäss, das im Begriffe steht sich in zwei verschieden grosse Hälften zu teilen; die grössere derselben würde zweifellos bei fortgesetzter Umwandlung ein neues Glied abgetrennt haben.

wird es möglich zu constatieren, was hier das Hauptmoment ist, dass nämlich alle Glieder der Pentade, obwohl sie schliesslich verschiedene Kategorien von Staubblättern repräsentieren, tatsächlich durch Spaltungen entstanden sind. So sehen wir z. B. in D. 30 und 39, wie zwei laterale Kelchstaubblätter durch Zweiteilung des medianen Staubblattes in D. 24 entstehen. In D. 29 kann man wieder beobachten, wie eine Spaltung zur Ausbildung eines lateralen Kelchstaubblattes und eines neuen Kronstaubblattes führt. Endlich zeigt D. 32 die vor sich gehende Teilung in ein medianes und ein laterales Kelchstaubblatt.

In D. 33, das etwa 10 Blüten entspricht, ist die Hexamerie auch im Kelchblattkreise durchgeführt und wir haben jetzt noch zu untersuchen, auf welche Weise das neue Kelchblatt und das zugehörige Aussenkelchblatt entstanden sind. Dieser Bildungsprocess beginnt zu dem Zeitpunkte, wo sich das Kronblatt spaltet oder noch etwas später und kann auf verschiedene Weise vor sich gehen. Der gewöhnlichste Fall ist folgender. Das in der bezüglichen Ecke des Blütenbodens stehende Aussenkelchblatt wächst sowohl nach der Breite als auch nach der Länge aus und teilt sich immer tiefer in einen kleineren, gewöhnlich einnervigen und in einen grösseren, zwei- oder mehrnervigen Lappen (Fig. 5, *e*, *f*). Der letztere wächst noch weiter aus und beginnt gleichzeitig an seinem anderen Rande ein Seitensegment abzutrennen (Fig. 5, *g*). Das ursprüngliche Aussenkelchblatt hat sich daher nach und nach, oder bisweilen fast simultan (Fig. 5, *h*), in drei Teile geteilt, deren mittlerer zu einem neuen Kelchblatt auswächst, während sich die seitlichen zu Stipularblättchen gestalten. Eine Modification dieser Form der Ausbildung besteht darin, dass das vergrösserte Aussenkelchblatt nur in zwei Teile zerfällt, in ein kleineres, das zu einem Stipularblättchen wird, und ein grösseres, das zu einem Kelchblatt auswächst; das zweite Stipularblättchen wird dann von dem angrenzenden Kelchblatt abgetrennt (Fig. 5, *i*). Auch in diesem Falle stammt das neue Kelchblatt somit von einem Aussenkelchblatt ab.

Bisweilen kann man jedoch das interessante Verhältnis beobachten, dass das neue Kelchblatt seinen Ursprung von einem Kronblatte ableitet, und zwar durch Umwandlung eines seiner Teilungsproducte. Von dieser Entstehungsart scheinen ebenfalls zwei Modificationen vorzukommen. Die eine wird durch D. 34—37 illustriert. In D. 34 steht vorn in der Medianlinie ein etwas schief gestelltes, am Grunde ziemlich breites Blatt, welches an seinem gedeckten Rand ausgesprochen korollinisch, an seinem anderen dagegen kurz behaart und von festerer Consistenz ist. Das Blatt ist deutlich als ein Kronblatt erkenntlich, welches an seiner einen Hälfte die Merkmale eines Kelchblattes angenommen hat. Das vor diesem Blatte stehende Staubgefäss ist fast bis zur Basis in zwei geteilt, welche die gleiche Schiefstellung zeigen wie das Blatt selbst. In D. 35 finden sich an gleicher Stelle zwei nahe an einander stehende Blätter, die, obgleich völlig frei von einander, doch ohne jeden Zweifel durch Zweiteilung eines Kronblattes entstanden sind, was noch dadurch seine Bestätigung erfährt, dass das Kronstaubblatt bis an die Basis geteilt und das Aussenkelchblatt bis zur Mitte gespalten ist. Von den zwei Blättern ist inzwischen nur

das rechte ein typisches Kronblatt; das andere, welches insbesondere an seinem linken Rand etwas mehr an die Peripherie gerückt ist, erscheint gewiss kaum grösser als ein Kronblatt, characterisiert sich aber durch seine Behaarung an der Aussenseite und an dem linken Rand, durch seine ei-lanzettliche Form und breite Basis, sowie auch durch bedeutendere Dicke und Festigkeit etc. deutlich als Übergangsform zu einem Kelchblatt. D. 36 zeigt genau die gleichen Stellungsverhältnisse wie D. 35; die Teilungsproducte des Kronblattes sind hier jedoch mehr auseinandergerückt, und das nach links gelegene hat, obwohl seine Dimensionen geringer sind, durch seine mehr peripherische Lage, seine trianguläre Form u. s. w. noch deutlicher den Character eines zukünftigen Kelchblattes. D. 37 hingegen zeigt eine weitergehende Entwicklung der Verhältnisse von D. 34. Das linke Blatt steht hier nämlich beinahe in einer Linie mit den übrigen Sepalen der Blüte und hat, obwohl es nicht dessen Grösse erreicht hat, in jeder Hinsicht den Charakter eines Kelchblattes; ferner hat sich das Aussenkelchblatt bis zur Basis zweigeteilt und das rechte Kronstaubblatt noch mehr der Peripherie genähert. Was die fragliche Blüte betrifft, von der in Fig. 5, *k* eine Detailzeichnung gegeben wird, war ich ursprünglich der Auffassung, dass das in seiner Entwicklung gehemmte Kelchblatt (*s*) aus einer interponierten neuen Anlage hervorgegangen sei; wenn man auf die in D. 34—36 angegebenen Verhältnisse Rücksicht nimmt, muss man diese Ansicht jedoch aufgeben und dieses Organ als eine umgestaltete Kronblatthälfte ansehen. In den Blüten, welche die eben erwähnte Modification zeigen, ist es, wie wir sehen, nirgends bis zu vollständiger Hexamerie gekommen, indem das Kronstaubblatt nur in zwei Glieder zerfallen ist. — Die andere Modification wird durch D. 38—40 repräsentiert. In D. 39 & 40 finden wir in der unteren Ecke teils ein bis zur Basis resp. im grösseren Teile seiner Länge zweigeteiltes Aussenkelchblatt, teils ein unpaariges, durch seine fremdartige Ausbildung in die Augen fallendes Blatt, welches die medianen Kanten der paarigen Petalen deckt. Dieses Blatt besitzt die Länge eines Kronblattes und ist an der Innenseite korollinisch gefärbt; es ist jedoch abgestumpft und breit rundlich-triangulär (Fig. 5, *l*) resp. eirund-triangulär (Fig. 5, *m*). Durch seine breite Basis, seine etwas lederartige Beschaffenheit und die schwach behaarte, mattbraungefärbte Aussenseite ähnelt es mehr einem Kelchblatt; die Nervatur ist auch, zumindest in der einen Blüte (D. 39; Fig. 5, *l*), die eines Kelchblattes. Die Pubescenz an der Aussenseite ist ein ausreichender Beweis dafür, dass wir es hier mit einem Organ zu thun haben, das im Begriffe ist, sich zu dem für die Hexamerie nötigen neuen Kelchblatt umzuwandeln, und da nichts dafür zu sprechen schien, dass das Organ ein Spaltungsproduct sei, glaubte ich hier ein Beispiel für zweifelfreie Interposition eines Kelchblattes vor mir zu haben. Bald genug wurde jedoch eine Blüte mit dem in D. 38 angegebenen Bau angetroffen. Unten im Diagramme ist hier ein Kronblatt vorhanden, das sich teils durch eine insbesondere an der Basis ganz ungewöhnliche Breite, teils durch wellenförmige Ränder und eine schwache Behaarung auf der Mitte der Aussenseite auszeichnete (Fig. 5, *n*). Ich betrachte es als höchst wahrscheinlich, dass dieses Blatt, wenn die Umwandlung noch weiter fort-

geschritten wäre, sich in drei Teile gespaltet hätte, deren mittlerer auf Grund seiner Behaarung ohne Zweifel den Character eines Kelchblattes angenommen hätte. Da nun nichts natürlicher ist, als dass auch ein Kronblatt sich bisweilen in drei Teile spalten kann — das Kronstaubblatt teilt sich ja, wie wir gesehen haben, normal in zwei, drei oder endlich in fünf Glieder —, muss ich von meiner Vermutung abgehen, dass das genannte unpaarige Blatt in D. 39 und 40 aus einer interponierten Kelchblattanlage hervorgegangen sei; auf Grund seiner korollinisch gefärbten Innenseite erscheint es mir wahrscheinlicher, dass es das zu einem Kelchblatt verwandelte Mittelstück eines dreigeteilten Kronblattes darstellt.

Dadurch, dass ein neues Kelchblatt auf eine der eben angeführten Arten hinzugekommen ist, wurde vollständige Hexamerie erreicht (Siehe D. 33, welches, wie erwähnt, 10 verschiedenen Blüten entspricht, sowie D. 40, wo jedoch ein Kronstaubblatt fehlt), und wir haben gesehen, dass sie, ebenso wie bei der episepalen Organbildung, durch Spaltung von Organen zustande kommt, die an ein und demselben Radius liegen, nämlich durch Spaltung eines Aussenkelchblattes, eines Kronblattes und eines Kronstaubgefässes. Ein Fall einer Organbildung aus einer selbständigen, neuhinzugekommenen Anlage konnte nicht mit Bestimmtheit beobachtet werden.

3. *Die Organbildung geht längs einer Linie vor sich, die zwischen einem episepalen und einem epipetalen Radius liegt* (*Intermediäre Pleiomerie*). — Dieser Fall (Taf. 3, Figg. 41—52) ist weniger allgemein als die beiden vorher behandelten.

Die Linie, längs welcher die Organbildung stattfindet, scheint am öftesten dem episepalen Radius näher zu liegen, mit andern Worten so gerichtet zu sein, dass sie das Kelchblatt in zwei ungleich grosse Hälften teilt. Ich beschränke mich auch darauf über diesen Specialfall Bericht zu erstatten.

Der Process beginnt hier damit, dass das mediane Kelchstaubblatt sich teilt, doch geschieht dies nicht in drei Teile wie in D. 1—10, sondern bloss in zwei wie in D. 41—44. Die beiden Teilungsproducte scheinen schon von Anfang an auf etwas verchiedener Höhe zu stehen (siehe D. 41, wo die Spaltung des Filamentes noch nicht vollendet ist); während das innere von ihnen auf seinem ursprünglichen Niveau verbleibt, rückt das andere nach und nach immer mehr an die Peripherie des Blütenbodens. Erst nachdem die besagte Teilung des Staubblattes vollendet ist, beginnt das Kelchblatt sich in zwei Hälften ungleicher Grösse zu teilen (siehe D. 43), und da zeigt es sich, dass das äussere Staubblatt gewöhnlich genau in die Spaltungslinie des Kelchblattes fällt, während das innere vor der grösseren Kelchblatthälfte zu stehen kommt; vor der kleineren Kelchblatthälfte findet sich dagegen kein Staubgefäss (sein Platz wird in den Diagrammen durch einen Stern bezeichnet). Das innere Staubblatt ist keinen weiteren Teilungen unterworfen, sondern es gestaltet sich zu einem der grossen Kelchblatthälfte entsprechenden, medianen Kelchstaubblatt. Das innere dagegen bildet die Grundlage einer im vollendeten Zustand viergliederigen Organgruppe. In D. 45 finden wir es in zwei auf gleicher Höhe stehende

und an der Basis kaum von einander getrennte Staubblätter geteilt; in D. 46, welches zwei verschiedenen Blüten entspricht, ist es gleichfalls bei Zweiteilung geblieben, aber hier zeigen die Teile eine andere Orientierung, da der eine — der, nach dem, was wir bei D. 49 sehen werden, einem Kronblatt entspricht — genau in die Spaltungslinie des Kelchblattes fällt, während der andere schief nach innen gerückt erscheint. In D. 47—49 ist es zu einer Dreiteilung mit wechselnder Anordnung der Teilungsproducte gekommen. Zwei von diesen Diagrammen bieten besonderes Interesse: D. 48 deshalb, weil wir hier vor der schmäleren Kelchblatthälfte eine Erhebung sehen, die offenbar jenes Staubgefäss vorstellt, das in allen anderen hierhergehörigen Diagrammen gänzlich fehlt; D. 49 ist wieder dadurch von Bedeutung, dass das in der Spaltungslinie des Kelchblatts belegene Staubgefäss sich durch seine blattartig abgeplattete, nur in der Kante selbst schwach pollenführende Anthere als eine Übergangsstufe zu einem Kronblatt erweist (siehe die in dem Diagramm eingezeichnete Detailfigur). Diese Umwandlung ist in D. 50 (welches 5 verschiedene Blüten darstellt) vollendet, indem das äusserste Glied der besprochenen Triade hier zu einem typischen Petalum geworden ist. In D. 51 und 52 endlich ist es zu einer Vierteilung gekommen: in D. 51, welches drei verschiedenen Blüten entspricht, besitzt das äusserste Glied noch die Gestalt eines Staubblattes, in D. 52 aber, das ebenfalls drei verschiedene Blüten darstellt, ist dieses Glied zu einem Kronblatt umgewandelt worden, womit die vom Androeceum ausgehende Organbildung abgeschlossen erscheint. — Vorher hat sich das Kelchblatt bis zur Basis in zwei Sepalen ungleicher Grösse geteilt. Ferner wurde auch von dem Innenrand des grösseren, wie aus D. 49—51 hervorgeht, ein Segment abgetrennt, welches sich zu dem erforderlichen neuen Aussenkelchblatt gestaltet. Damit ist Hexamerie erreicht. Diese ist nur insofern unvollständig, als das mediane Kelchstaubblatt vor dem schmäleren Kelchblatt fehlt [1]. — Das neue Kronblatt ist hier, ebenso wie bei der episepalen Organbildung, durch Umwandlung eines der Teilungsproducte des Androeceums entstanden.

* * *

Höhere Pleiomerie, also Siebenzahl, Achtzahl u. s. w. findet sich, wie erwähnt, auch bei *Comarum palustre.* Innerhalb des untersuchten Materiales haben über 60 Blüten eine Umwandlung im Sinne von Heptamerie, 18 im Sinne von Octomerie gezeigt; nur bei 5 resp. 1 war jedoch die Umwandlung bereits durchgeführt. Bei 10 Blüten konnte man eine Entwicklung zur 9—12-Zahl constatieren; in keinem dieser Fälle war aber der Entwicklungsprocess zum Abschluss gelangt.

Bei Entstehung dieser höheren Zahlen erfolgt die Organbildung, wie man ja erwarten konnte, nach genau denselben Principien wie bei Entstehung der Hexamerie.

[1] In einer später aufgefundenen Blüte war auch dieses Staubgefäss vorhanden, obgleich es in der unteren Hälfte des Filamentes mit dem lateralen Staubblatte der oben erwähnten Triade verbunden war. Diese Blüte stellt offenbar eine Übergangsstufe zu episepaler Pleiomerie vor, da die Linie, längs welcher Organbildung vor sich ging, beinahe mit dem episepalen Radius zusammenfällt.

Zu bemerken ist nur, dass die Tätigkeit bei 7-Zahl auf zwei verschiedene Radien verlegt ist, bei 8-Zahl auf 3 u. s. w. (diese Radien sind in den hierhergehörigen Diagrammen speciell angegeben); überdies kann die Organbildung in ein und derselben Blüte sowohl epipetal als auch episepal erfolgen.

Zumeist ist jedoch die organbildende Tätigkeit überall *episepal.* In D. 53—58 (Taf. 4), wo es sich um 7-Zahl handelt, haben wir also zwei episepale Entwicklungsherde, in D. 59—61, welche eine Entwicklung zur 8-Zahl zeigen, finden sich drei solche; in D. 62 u. 63, wo die Ausbildung der 9-Zahl eingeleitet erscheint, kann man vier solche Bildungsherde feststellen und in D. 64, wo Dekamerie eingeleitet ist, kommt Organbildung vor jedem einzelnen der fünf ursprünglichen Sepalen vor. — Wenn man D. 53—58 mit D. 1—20 vergleicht, kann man ohneweiters diejenigen Entwicklungsphasen wiedererkennen, die wir bereits bei der episepalen Organbildung beobachtet haben. In D. 53 begegnen wir also partieller resp. vollendeter Zweiteilung des medianen Kelchstaubblattes; in D. 54 ist es in drei Glieder geteilt worden, von denen das mittlere an die Peripherie gerückt ist. Dieses Glied erfährt dann noch weitere Teilungen: In D. 55 liegt nur Zweiteilung vor; in D. 56 finden wir an einer Stelle Dreiteilung, an einer anderen hat, ebenso wie an zwei Stellen in D. 57, Vierteilung stattgefunden. Das am weitesten nach aussen an der Peripherie gelegene Glied der so entstandenen Tetrade hat an einer Stelle in D. 55 und 56 die Gestalt eines Staubgefässes, an der anderen Stelle in D. 55 ist es im Begriffe, sich zu einem Kronblatte umzuwandeln, und in D. 57 hat diese Umwandlung an beiden Stellen stattgefunden. — Die an den beiden Radien gelegenen Kelchblätter, die in D. 53 noch vollkommen ungeteilt sind, spalten sich später in je zwei, und indem ein neues Aussenkelchblatt auf gleiche Weise wie in Fig. 4 entsteht, ist somit Heptamerie erreicht [1]. — Genau derselbe Vorgang findet sich bei den in der Richtung gegen 8—10-Zähligkeit veränderten D. 59—64. Was diese betrifft sei nur bemerkt, dass der Process, insbesonders dort, wo es sich um 9- oder 10-Zahl handelt, an den meisten Stellen in der Blüte noch nicht über die frühesten Entwicklungsstadien hinausgekommen ist. Ausserdem mag darauf hingewiesen werden, dass D. 60 eine neue Illustration der bereits oft erwähnten Erscheinung bildet, dass dasjenige Glied, welches das neue Kronblatt vorstellt, bei nicht ganz abgeschlossener Umwandlung in Gestalt eines Staubgefässes auftritt.

Auch durch *epipetale* Organbildung kann jedoch höhere Pleiomerie zustande kommen. So finden sich in D. 65—67 (Taf. 3) zwei, resp. drei oder vier epipetale

---

[1] Die in D. 58 abgebildete Blüte verrät die Eigentümlichkeit, dass innerhalb eines der medianen Kelchstaubblätter — dessen Faden doppelte Breite zeigt (die Anthere war abgefallen) — ein Blatt steht, das in seiner Länge und Breite sowie in der Behaarung seiner Aussenseite mit einem Kelchblatt übereinstimmt; dieses Blatt hat seinerseits wieder zwei kräftige Staubblätter vor sich. Nachdem die Linie, welche die Karpidengruppe begrenzt, vor der fraglichen Stelle eine deutliche Einbuchtung zeigt, darf man wohl annehmen, dass das besagte Blatt, ebenso wie die beiden Staubgefässe, durch Umwandlung einer Anzahl Karpiden entstanden ist Bemerkenswert erscheint es jedesfalls, dass das Blatt sich zu einem Kelchblatt, und nicht z. B. zu einem Kronblatt, ausgebildet hat.

Entwicklungsherde, mit anderen Worten ein Anfang von 7—9-Zähligkeit. — Der Vorgang wird hier in vollkommen gleicher Weise wie bei epipetaler Hexamerie (vergl. D. 21—33), nämlich durch Zweiteilung des Kronstaubblattes, eingeleitet. Auch in D. 71 (längs des Radius 1) ist es bei einer derartigen Zweiteilung geblieben. Längs des Radius 1 in D. 68 und 69 hat sich dagegen das Kronstaubblatt ebenso wie in D. 24—26 in drei Stamina geteilt; gleichzeitig wurde auch das Kronblatt zweigeteilt (D. 68) oder hat zumindest bedeutend an Breite zugenommen (D. 69), wobei auch das Nebenkelchblatt eine Spaltung verrät. In D. 70 (längs des Radius 1) ist der Vorgang beinahe abgeschlossen, indem er hier genau so weit vorgeschritten ist wie in D. 29: ebenso wie in letztgenannter Blüte hat nämlich die eine Nebenblatthälfte ein Segment abgetrennt, das im Begriffe ist, zu dem erforderlichen neuen Kelchblatt auszuwachsen.

In den letzterwähnten Diagrammen (D. 68—71) ist jedoch die bisweilen hochgradige Pleiomerie vor allem darauf zurückzuführen, dass epipetale und episepale Organbildung kombiniert auftreten. Längs des Radius 2 in D. 68 ist also episepale Tätigkeit eingetreten, und das gleiche war auch längs der Radien 2 u. 3 in D. 69 der Fall. In D. 70 lässt sich längs der Radien 1 u. 2 epipetale Organbildung und gleichzeitig eine episepale längs der Radien 3—7 (d. h. vor den fünf ursprünglichen Kelchblättern) constatieren, so dass wir hier den Anfang der 12-Zahl vor uns haben. In D. 71 endlich kann man gleichfalls sowohl epipetale Spaltungen (längs des Radius 1) als auch episepale (vor allen Kelchblättern, d. h. in den Radien 2—6) constatieren; es muss hierbei auch hervorgehoben werden, dass der Radius 5 das Kelchblatt in zwei verschieden grosse Hälften teilt, so dass hier infolgedessen alle drei Organbildungsprocesse, die, wie geschildert, zu Hexamerie führen können, beteiligt sind. Was dies letztgenannte Diagramm betrifft muss noch hervorgehoben werden, dass die im Radius 1 gelegene Kronblattanlage bei ihrer Spaltung nicht im Stande war zwei Petala hervorzubringen, sondern dass sie an Stelle dessen zwei Staubgefässe entwickelte, deren eines jedoch einen flügelförmigen, korollinischen Auswuchs an der einen Theka besitzt.

Entstehung der Meiomerie.

Die in meiomerer Richtung verlaufenden Umwandlungen scheinen bei der hier besprochenen Pflanze niemals weiter als bis zur Vierzahl zu führen.

Wenn die fünfzählige Blüte sich in eine vierzählige umgestalten soll, ist die Tätigkeit, wie wir sehen werden, auf eine sectorförmige Partie beschränkt, die ein Fünftel des Blütenbodens umfasst. Diese Partie nimmt dabei in ihrer Breite immer mehr ab und wird mit den darauf befindlichen Organen schliesslich ausgeschaltet. Die Mittellinie des besagten Sectors kann nun entweder durch eines der Kronblätter oder durch ein Kelchblatt gehen, wobei sie dieses letztere entweder in zwei gleich- oder ungleichgrosse Teile spalten kann. Auch bezüglich der zu Meiomerie führenden Umwandlungen kann man daher sagen, dass die Tätigheit entweder auf einen

epipetalen oder einen episepalen Radius verlegt ist oder auch längs einer zwischen zwei solchen Radien gelegenen Linie stattfindet.

1. *Die Tätigkeit ist auf einen epipetalen Radius verlegt* (*Epipetale Meiomerie*). — Dieses Verhältnis findet sich am häufigsten.

Die Umgestaltung ist anfänglich an der Unvollständigkeit der in den hierhergehörigen Diagrammen (Taf. 5, D. 72—91) überall nach abwärts gestellten Organgruppe zu erkennen, die ursprünglich aus einem Aussenkelchblatt, einem Kronblatt, einem Kronstaubblatt und zwei lateralen Kelchstaubblättern besteht. Zwölf verschiedene Blüten zeigen also das in D. 72 angegebene Verhältnis, wo das Kronstaubblatt fehlt, verwirklicht. Auf welche Weise dieses Staubblatt verschwunden ist, habe ich leider nicht entscheiden können. Zwei Möglichkeiten sind indess vorhanden: dass es entweder an Ort und Stelle durch wirklichen Abort verschwunden ist oder dass es mit einem der naheliegenden lateralen Kelchstaubblätter verschmolzen und in ihm aufgegangen ist. Obwohl in den genannten Blüten nichts zu bemerken ist, was direct für letztere Möglichkeit spricht, darf man dies doch keineswegs als ausgeschlossen betrachten, weil man in einem Material, das bloss 12 Blüten umfasst, nicht mit voller Sicherheit einen Fall erwarten kann, bei dem die Entwicklung mitten im Verschmelzungsakt abgeschnitten erscheint. Da es sich bei Entwicklung zur Pleiomerie überdies gezeigt hat, dass das neue Kronstaubblatt durch Spaltung einer Anlage entstanden ist, die zugleich die Grundlage eines lateralen Kelchstaubblattes bildet (siehe S. 9 ebenso wie D. 16 u. 18), kann man es wohl als ziemlich wahrscheinlich ansehen, dass die Verschmelzung, wenn man sie auch nicht nachweisen konnte, doch jedesfalls stattgefunden hat. — Ein anderer Defect der erwähnten Organgruppe besteht darin, dass das Kronblatt fehlt. Dass der Ausfall eines Kronblattes nicht selten auf wirklichem Abort beruht, wird durch D. 73 und 74 angedeutet, von welchen jedes einzelne zwei verschiedenen Blüten entspricht. In D. 73 hat die Breite des Kronblattes bedeutend abgenommen, und in D. 74 ist es zu einem Faden von der Länge eines Kronblattes, resp. zu einer kaum 1 Millimeter langen Spitze reduciert; endlich findet man an seinem Platze nur ein abweichend gefärbtes Fleckchen. Dass in derartigen Fällen tatsächlich Abort vorliegt, scheint jeden Zweifel auszuschliessen. Inzwischen dürfte diese Art des Verschwindens des Kronblattes kaum mit der Entwicklung zur Meiomerie in Zusammenhang stehen, sondern an Stelle dessen einen Ausdruck der dieser Pflanze eigenen Tendenz sein, ihre Kronblätter rückzubilden. Wie bereits auf Seite 7 bemerkt, kann man nämlich fünfzählige Blüten finden, bei welchen bis vier Petala auf erwähnte Weise reduciert und teilweise ganz verschwunden sind. Die Eliminierung des Kronblattes kann inzwischen auch auf andere Art vor sich gehen. So ist es in D. 75, welches drei verschiedenen Blüten entspricht, zu einem Staubblatt umgewandelt, und in D. 76 sehen wir, dass dieses gerade im Begriffe ist, mit dem rechts befindlichen, lateralen Kelchstaubblatt zu verschmelzen: wir haben hier nämlich ein mit sehr breiter und schiefgestellter Basis versehenes Staubgefäss vor uns, dessen dickes Filament zwei

Antheren trägt. In D. 77 ist diese Verschmelzung (hier jedoch mit dem linken Kelchstaubblatt) offenbar vollendet: das Staubgefäss *a*, das eine etwas verbreiterte Basis hat, im übrigen aber keine Duplicität verrät, ist nämlich an einer Stelle inseriert, die zwischen den Befestigungspunkten des Kronblattes und des linken Kelchstaubblattes liegt. Auch in D. 78 begegnen wir einem Staubgefässe (*a*), das zwar vollkommen einfach erscheint, aber infolge seiner Lage als Verschmelzungsproduct eines lateralen Kelchstaubblattes mit dem Organe, welches das Kronblatt repräsentiert, betrachtet werden muss. Dass diese Art des Verschwindens eines Kronblattes bei Entwicklung zur Meiomerie der normale Fall ist, wird dadurch noch wahrscheinlicher, dass das neue Kronblatt bei Entwicklung zur Pleiomerie durch einen Spaltungsprocess zu Stande kommt, nämlich als Geschwisterblatt eines lateralen Kelchstaubblattes, und dadurch, dass es hierbei vorläufig in Gestalt eines Staubblattes auftritt (siehe Seite 10 und D. 14 & 19). — Die Reihenfolge, nach welcher die Organe der besprochenen Gruppe verschwinden, kann offenbar verschieden sein. So ist das Kronstaubblatt in D. 78 noch vorhanden, während es in den vorhergehenden Diagrammen fehlt. Jedesfalls führen die eben besprochenen Reductionen jedoch zu dem in D. 79 angegebenen Verhältnis, dass die Gruppe nur durch zwei in gleicher Höhe stehende Staubgefässe vertreten ist; dieses Stadium des Vorganges konnte in drei verschiedenen Blüten beobachtet werden. — Ein nächstes, in über 15 Blüten aufgefundenes Stadium wird durch D. 80—84 repräsentiert, wo an der Stelle der eben behandelten Organgruppe nur ein einziges Staubgefäss angetroffen wird, das inzwischen ebenso stark ist wie die medianen Kelchstaubblätter der Blüte, mit denen es bald auch darin übereinstimmt, dass es etwas weiter gegen das Centrum der Blüte zu stehen kommt (D. 81—84). — Gleichzeitig damit, dass die zwei im Diagramm nach unten gerichteten Kelchblätter in der Breite abnehmen und sich auch im übrigen auf die Art, die unten angegeben, verändert, rücken ihre medianen Staubgefässe näher an einander (D. 81—84). Mit einem von ihnen verschmilzt dann das Staubblatt, das die vierzählige Organgruppe repräsentiert. Der Verschmelzungsprocess selbst wird durch D. 85 illustriert, wo die Filamente im unteren Viertel vereinigt sind, und als Resultat desselben erscheinen die Staubgefässe in D. 86, welches (mit Ausschluss gewisser Modificationen des Kelchblattes) drei verschiedenen Blüten entspricht. — Endlich erfolgt der Verschmelzungsakt, von welchem in D. 87—89 verschiedene Phasen abgebildet sind (in D. 87 sieht man zwei Antheren auf einem Staubfaden doppelter Breite, in D. 88 ist die Anthere nur an der Spitze gespaltet, in D. 89 vollkommen einfach und der Faden nur an der Basis breiter). In D. 90 ist auch dieser Verschmelzungsprocess vollkommen abgeschlossen, und in diesem Diagramm, das 13 verschiedene Blüten darstellt, sehen wir, dass vollständige Tetramerie erreicht ist, indem auch der Kelchblattkreis vierzählig ist. — Die Reduction im letztgenannten Hüllkreis geht so vor sich, dass die beiden nach abwärts gerichteten Sepalen an Breite abnehmen und eine gemeinsame Basalpartie erhalten, in welche auch das zwischen ihnen befindliche Stipulargebilde aufgeht (siehe Fig. 4, *c* & *f*); später erscheinen sie immer höher hinauf vereinigt, wie

in Fig. 4, *b* & *e*, wobei das Nebenblatt entweder nur als ein zuletzt verschwindender Zahn an dem Innenrand des einen Kelchblattes oder auch als ein zwischen den beiden zusammenfliessenden Sepalspitzen gelegener Zipfel hervortritt, wie in Fig. 4, *a* resp. *d* [1].

Im Vorbeigehen sei hier bemerkt, dass D. 89 eine Illustration für das früher erwähnte Verhalten bildet, dass die Nebenblätter des Kelches bis zur Basis gespalten sein können ohne dass dieses mit Zahlveränderungen [2] der Blüte in Zusammenhang steht, und dass ferner der Umstand, dass eines der vier Kronblätter in D. 91 zu einer kaum millimeterlangen Spitze reduciert wurde, wahrscheinlich ebenso wenig als ein Schritt in Richtung zu Trimerie aufgefasst werden muss, sondern höchst wahrscheinlich nur ein Ausdruck für die Neigung der Pflanze ist, in schwächer entwickelten Blüten ihre Kronblätter rückzubilden. — Endlich möge auch noch auf D. 84 hingewiesen werden, das ein Beispiel dafür bildet, dass in ein und derselben Blüte sowohl Meiomerie als auch Pleiomerie induciert sein kann. Da die fünfzählige Blüte zum Ausgangspunkt gemacht werden muss, haben wir nämlich in diesem Diagramm oben episepale Pleiomerie, unten aber ziemlich weit vorgeschrittene epipetale Meiomerie oder umgekehrt.

Aus obenstehender Darstellung geht hervor, dass die Entwicklungsphasen bei epipetaler Meiomerie dieselben sind wie bei episepaler Pleiomerie, dass sie aber in umgekehrter Ordnung auf einander folgen.

2. *Die Tätigkeit ist auf einen episepalen Radius verlegt* (*Episepale Meiomerie*). — Dieser Fall ist offenbar ziemlich selten. Es war mir auch nicht möglich, eine vollkommene Serie der verschiedenen Phasen des Vorganges zu erhalten. Übrigens erscheint es im höchsten Grade zweifelhaft, ob vollständige Tetramerie bei *Comarum* überhaupt jemals dem besagten Schema gemäss erreicht werden kann. Bei näherer Betrachtung muss man es auch ganz natürlich finden, dass diese Pflanze, wenn es die Umwandlung der fünfzähligen Blüte zur vierzähligen gilt, sich eher anderer Auswege bedient, als desjenigen, der das vollständige Verschwinden eines so grossen und kräftigen Organs, wie es ein Kelchblatt ist, voraussetzt. Denn gemäss D. 92 (Taf. 6), wo die punktierte Linie den Sector angibt, der ausgeschaltet werden sollte, muss ein derartiges Blatt ja auf irgend eine Weise verschwinden. Man könnte sich da gewiss denken, dass es mit den angrenzenden Stipulis zu einem Komplex zusammenfliesst, der später zu einem einzigen Stipularblatt reduciert wird, wie es tatsächlich bei *Alchemilla* der Fall ist, wo jedoch das Kelchblatt, wenn es auch eine dominierende Rolle in der Blüte spielt, dennoch ein sehr unansehnliches Organ darstellt.

[1] Diagr. 82 stellt einen Ausnahmsfall dar, der dadurch auffallend erscheint, dass das Stipularblatt eine ungewöhnliche Grösse erreicht hat, während die Kelchblätter, die noch völlig getrennt sind, bedeutend an Breite abgenommen haben.

[2] Wenn das Nebenblatt so gestaltet ist und die angrenzenden Kelchblätter zusammenschmelzen sollen, vereinigen sich die Nebenblatthälften mit verschiedenen Kelchblättern, so dass man bei einem gewissen Stadium das in D. 83 eingezeichnete Bild erhält, wo die beiden mittleren Spitzen also dem Nebenblatt angehören.

Anderseits ist die Möglichkeit, dass es sich mit einem angrenzenden Kelchblatt vereinigt, hier natürlich ganz ausgeschlossen, denn in diesem Falle hätte man es in Wirklichkeit nicht mit episepaler, sondern mit, wie sie unten genannt wurde, intermediärer Meiomerie zu thun, indem die Reductionstätigkeit da auf eine Linie, die zwischen einem episepalen und einem epipetalen Radius liegt, verlegt wäre.

Was von dem hier in Frage stehenden Vorgange beobachtet wurde, geht aus den D. 92—98 hervor, die alle so gestellt sind, dass der Sector, der verschwinden sollte, nach aufwärts gerichtet ist. Aus D. 92 sehen wir, dass das Kelchblatt an Breite abgenommen hat; ausserdem war in dieser Blüte das mediane Kelchstaubblatt nicht ganz so kräftig wie die vier andern. In D. 93, welches zwei Blüten entspricht, ist das erwähnte Staubblatt verschwunden, was übrigens auch in D. 94 und 95 der Fall ist. In D. 96—98 ist es dagegen noch vorhanden, erscheint aber in D. 97 etwas nach rechts gerückt, und ist in D. 98, wo es im Gegenteil etwas nach links gelagert erscheint, so nahe an ein laterales Kelchstaubblatt herangerückt, dass es mit diesem an der Basis verschmolz. Dieses Verhältnis lässt es ja im höchsten Grade wahrscheinlich erscheinen, dass es nicht auf Abort beruht, wenn das mediane Kelchstaubblatt fehlt, sondern auf einer Verschmelzung mit dem angrenzenden Androecealglied. Wir haben auch bei der epipetalen Pleiomerie gesehen (Seite 13 und D. 32), dass ein medianes Kelchstaubblatt dort, wo es im Gegensatz hierzu entstehen soll, nicht aus einer neu hinzugekommenen Anlage hervorgeht, sondern gleichzeitig mit einem lateralen Kelchstaubblatt durch Spaltung entsteht. — Was andere Reductionen betrifft, so ist zu bemerken, dass beide Kronstaubblätter in D. 94—96 verschwunden sind und dass dies auch mit dem einen oder beiden Kronblättern in D. 94—97 der Fall ist. Die Art wie ein Kronblatt ausgeschaltet wird, geht deutlich aus der mitgeteilten Diagrammserie hervor. In D. 98 ist es nämlich zu einem Staubgefässe umgebildet und in D. 94—97 hat das mit *a* bezeichnete Staubgefäss eine solche Stellung, dass man es als Verschmelzungsproduct eines lateralen Kelchstaubblattes und eines auf eben genannte Art umgebildeten Kronblattes betrachten muss; es geht nämlich von einer Stelle aus, die genau zwischen den normalen Ursprungsstellen der beiden genannten Organe liegt.

Zu weiteren Reductionen scheint es bei dem hier behandelten Vorgang nicht zu kommen. Ich habe tatsächlich zwei Blüten mit dem in D. 99 *a* angegebenen Bau aufgefunden, der ja als eine Schlussphase des Vorganges aufgefasst werden könnte, weil nur die Vereinigung der beiden Kronstaubblätter zur Erzielung vollständiger Tetramerie erforderlich wäre. Da wir inzwischen vorher gesehen haben (Seite 21 und D. 84), dass sowohl Pleiomerie als auch Meiomerie in ein und derselben Blüte auftreten können, lässt sich das genannte Diagramm auch auf andere Weise auslegen, nämlich so, dass die Vierzahl der Blüte eine Folge von Meiomerie ist (entsprechend dem häufigsten, in D. 72—91 angegebenen Schema) und dass das verdoppelte Kronstaubblatt beginnende Pleiomerie (in Übereinstimmung mit der Diagrammserie 21—33) angibt.

P. S. Im Sommer 1914 konnte ich eine Blüte mit dem in D. 99 *b* wiedergegebenen Bau auffinden. Das obere Kelchblatt zeigte Anklänge an ein Kronblatt, indem eine seiner Hälften ganz dünn, lebhaft rotgefärbt und an der Aussenseite völlig kahl war; im übrigen fehlte das eine Kronblatt, während das andere zu einem Staubgefässe umgebildet war. Wir sehen hieraus, dass episepale Meiomerie auch dadurch eingeleitet werden kann, dass das Kelchblatt sich in ein Kronblatt umwandelt. Wenn der Vorgang abgeschlossen wäre, hätten sich die beiden Stipulæ zweifellos vereinigt und die sieben Staubgefässe wären in drei verschmolzen. Mit Rücksicht auf das Staubgefäss *a* möge es hervorgehoben werden, dass seine Lage darauf hindeutet, dass es durch den in D. 98 vor sich gehenden Process entstanden ist und somit ein Verschmelzungsproduct eines medianen und eines lateralen Kelchstaubblattes darstellt. Die fragliche Blüte bildet daher einen neuen Beweis dafür, dass das Verschwinden des medianen Kelchstaubblattes höchst wahrscheinlich nicht auf wirklichen Abort beruht, sondern auf Verschmelzung mit einem andern naheliegenden.

3. *Die Tätigkeit ist auf eine zwischen einem episepalen und einem epipetalen Radius befindliche Linie verlegt* (*Intermediäre Meiomerie*). — Die fragliche Linie ist auf den hierhergehörigen Diagrammen (D. 100—107) besonders angegeben und sämtliche Diagramme sind so orientiert, dass die Linie gerade nach aufwärts gerichtet ist.

Auch dieser Reductionsprocess ist selten und leitet vielleicht niemals zu vollständiger Tetramerie. Er bildet eine Mittelform zwischen epipetaler und episepaler Meiomerie und äussert sich u. a. darin, dass das eine Kelchblatt an Breite abnimmt und Neigung zeigt, mit einem andern naheliegenden (in D. 100—105 mit dem rechts gelegenen, in D. 106 u. 107 mit dem links gelegenen) zu verschmelzen; ausserdem wird das vor dem verschmälerten Kelchblatt gelegene Staubgefäss ausgeschaltet und die viergliederige Gruppe, die sich im Zwischenraum zwischen den beiden verschmelzenden Staubgefässen befindet, stark reduciert. Zu einem völligen Verschwinden dieser Organgruppe kommt es vielleicht niemals: in der weitgehendst reducierten Blüte (D. 105) ist nämlich ein Staubgefäss als Repräsentant derselben übrig geblieben und ausserdem ist die Verschmelzung der beiden Kelchblätter und des zwischen ihnen liegenden Stipulargebildes auch hier auf die Basalpartie beschränkt.

Wir müssen jedoch feststellen, auf welche Art die Reduction vor sich geht. Dass das Stipularblatt dadurch entfernt wird, dass es in eines der verschmelzenden Kelchblätter aufgeht, ist bereits angedeutet worden. Was das Kronblatt betrifft, so kann dieses zweifellos, ebenso wie in einer Menge bereits erwähnter Fälle, durch wirklichen Abort verschwinden; hierauf deutet das Verhältnis in D. 102, wo eine geringe und abweichend gefärbte Erhebung an seiner Stelle geblieben ist. In anderen Fällen ist der Process jedoch ein ganz anderer. In D. 104 und 106 ist das Kronblatt nämlich in ein typisches Staubblatt umgewandelt und dass dieses Staubblatt späterhin mit einem der naheliegenden lateralen Kelchstaubblätter verschmilzt, geht mit voller Sicherheit aus D. 103 hervor, wo man vor dem Stipularblatt ein Organ findet, das sich folgendermassen verhält: es steht nicht gerade in der Mitte zwischen

den beiden Kelchblättern, sondern mehr nach rechts, und da die linke Antherenhälfte ferner wie ein blattartiger und korollinisch gefärbter Flügel ausgebildet ist, während die rechte die Gestalt einer Theka hat (siehe die im Diagramm eingezeichnete Figur), so geht klar hervor, dass das Organ ein Verschmelzungsproduct eines Kronblattes (welches in diesem Fall noch nicht vollkommen in erwähnter Richtung umgebildet wurde) und eines rechts davon stehenden lateralen Kelchstaubblattes darstellt. In Bezug auf das Verschwinden des Kronblattes konnten daher auch hier zwei verschiedene Vorgänge beobachtet werden. Dass der zuletzt besprochene mit der Umgestaltung der Blüte in Richtung zu Meiomerie zusammenhängt, während der erstgenannte nur ein Ausdruck für die Neigung der Pflanze ist in schwach entwickelten Blüten die Krone rückzubilden, scheint keinen Zweifel zuzulassen. — Dass auch das Verschwinden des medianen Kelchstaubblattes auf Verschmelzung beruht, wird durch D. 103 genügend angedeutet: das Staubgefäss *a* hat nämlich eine solche Lage und übrigens auch eine so breite Basalpartie, dass es als Vereinigungsproduct des besagten Staubgefässes und des angrenzenden lateralen Kelchstaubblattes aufgefasst werden muss [1]. — Was dagegen das Kronstaubblatt betrifft, das in allen hierhergehörigen Diagrammen fehlt, so muss hervorgehoben werden, dass ich ebenso wenig wie bei den früher behandelten Formen der Meiomerie einen Beweis dafür gefunden habe, dass sein Verschwinden auf Verschmelzung beruht. Dies ist umsomehr bemerkenswert, als wir beobachtet haben, dass es bei Pleiomerie tatsächlich aus Spaltungsprocessen hervorgeht (vergl. D. 16 u. 18; 29). Wenn hier wirklicher Abort vorliegt, so könnte dies inzwischen damit in Beziehung gebracht werden, dass die Kronstaubblätter den innern Androecealkreis darstellen, der bei der Mehrzahl der Rosaceen nur schwach ist, nicht selten Defekte zeigt oder auch vollkommen fehlt, was sogar bei stark polyandrischen Formen, wie gewissen Potentillen etc., der Fall sein kann. — Die eben erwähnten Reduktionen bewirken, dass die zwischen den Kelchblättern gelegene vierzählige Organgruppe nur aus zwei Gliedern zusammengesetzt wird (D. 102—104, 106 & 107) oder aus einer einzigen wie in D. 105. Wenn auch dieses letztgenannte Glied verschwunden wäre und vollständige Verschmelzung der beiden Sepalen und des Stipularblattes stattgefunden hätte, so wäre offenbar Tetramerie erreicht gewesen; in Übereinstimmung mit dem früher gesagten habe ich jedoch keine Blüte gefunden, wo der Umwandlungsprocess weiter als in D. 105 vorgeschritten war.

Zum Schlusse sei noch darauf hingewiesen, dass die in D. 106 abgebildete Blüte ein neues Beispiel für eine Combination von Meiomerie und Pleiomerie darstellt, indem rechts unten episepale Pleiomerie eingeleitet ist.

* *
*

---

[1] In D. 107 scheint das Staubgefäss hingegen mit einer zu einer anderen vierzähligen Organgruppe gehörigen lateralen Kelchstaubblatt zusammengeschmolzen zu sein; die Lage des Staubgefässes weist jedesfalls darauf hin.

Alchemilla vulgaris L. (sensu latiss.).

Die Untersuchungen über diese Pflanze sind 1908 und 1914 an Material ausgeführt worden, das im botanischen Garten von Lund gezogen wurde, oder daselbst subspontan vorkam.

Das Material umfasst die Kleinarten *A. acutangula* Bus., *A. acutidens* Bus., Lindb., *A. alpestris* Schm., *A. decumbens* Bus., *A. minor* Huds., Lindb. und *A. speciosa* Bus. In der hier gegebenen Darstellung habe ich jedoch diese Kleinarten in der Regel nicht auseinander gehalten, nachdem sie bezüglich des Blütenbaues in allem wesentlichen übereinstimmen und die hier behandelten Umwandlungsprocesse bei ihnen allen in ganz derselben Weise verlaufen. Hervorgehoben muss jedoch werden, dass sie verschieden grosse Neigung dazu zeigen, das Zahlenverhältnis der Blüte zu ändern, und dass gewisse von ihnen vorzugsweise in meiomerer Richtung, andere dagegen mehr in pleiomerer variieren, was aus folgender Tabelle hervorgeht.

	Anzahl untersuchter Blüten.	Pleiomere Bl.	Meiomere Bl.
A. acutangula	c. 3,000	62	201
» *acutidens*	» 550	9	35
» *alpestris*	» 700	14	75
» *decumbens*	» 200	1	0
» *minor*	» 600	112	9

Ausserdem sei hervorgehoben, dass die pleiomeren Blüten besonders in den Dichotomien und am Grunde der Wickel auftreten, während die meiomeren ihren Platz zum überwiegenden Teil in den Endpartien der Partialinflorescenzen haben.

Die normal gebaute Blüte.

Die *Alchemilla*-Blüte ist, wie bekannt, typisch vierzählig und von sehr einfachem Bau. Bei der Untergattung *Eualchemilla*, zu welcher die hier behandelten Formen gehören, treffen wir innerhalb des mit Stipulargebilden versehenen Kelches nur vier Staubgefässe, welche, dadurch dass sie ausserhalb des ringförmigen Discus befestigt sind und mit den Sepalen alternieren, ihren Platz dort haben, wo die Kronblätter der andern Rosaceen stehen. Die Apetalie von *Alchemilla* hat man ja bisher gewöhnlich durch Abort erklären wollen, wobei man jedoch, wie bereits Eichler [1] hervorhebt, zu der Annahme greifen muss, dass auch ein weiter nach aussen gelegener, episepaler Staubblattkreis ausgefallen ist. In einem bald erscheinenden Aufsatz will ich auf Grund von Untersuchungen innerhalb der Untergattung *Aphanes* nachzuweisen suchen, dass nichts für eine solche Annahme spricht und dass die

[1] Eichler, A.: Blüthendiagramme, II. p. 506 (1878).

Apetalie von *Eualchemilla* höchst wahrscheinlich auf Umbildung der Kronblätter zu Staubgefässen beruht [1]. Eine Tendenz hierzu konnte, wie wir im vorhergehenden sahen, in schwach entwickelten Blüten von *Comarum* beobachtet werden und die gleiche Neigung findet sich auch bei verschiedenen Papaveraceen; bei *Eualchemilla* ist das Verhältnis, genau so wie bei den Papaveraceen *Macleaya* und *Bocconia* [2], constant geworden.

Entstehung der Pleiomerie.

Bei der Ausbildung pleiomerer Blüten verbleibt es gewöhnlich bei Fünfzahl; nur bei *A. minor* konnten einige sechszählige Blüten aufgefunden werden.

Pentamerie kommt dadurch zu stande, dass die benötigten neuen Organe als geschlossene Gruppe an einer bestimmten Stelle der Peripherie des Blütenbodens eingeschoben werden, Hexamerie dadurch, dass eine ähnliche Tätigkeit an zwei verschiedenen Punkten stattfindet. Der Neubildungsherd liegt entweder vor einem Kelchblatt oder vor einem Staubgefäss; wenn man mit Rücksicht auf die wahrscheinliche Natur der Staubgefässe als umgewandelter Petalen die gleiche Terminologie wie bei *Comarum* gebrauchen will, kann man daher sagen, dass die organbildende Tätigkeit entweder auf einen episepalen oder auf einen epipetalen Radius verlegt ist.

1. *Die Organbildung findet längs eines episepalen Radius statt* (*Episepale Pleiomerie*). — Dieser Fall ist etwas häufiger als der folgende. — In den hierher gehörigen Abbildungen (Taf. 7, Fig. 1—15) sind die Staubgefässe, ebenso wie in allen folgenden, an der Basis durchschnitten gedacht, so fern sie nicht mit einem Kelchblatt vereinigt waren.

Der Vorgang beginnt, wie wir sehen, damit, dass eines der Kelchblätter (das in den Abbildungen nach abwärts gerichtete) sich an der Spitze zweiteilt, wobei sich sein Mittelnerv gleichzeitig spaltet (Fig. 1—3). In gleichem Masse wie die Zweiteilung fortschreitet, nehmen die Hälften an Breite zu und bekommt jede einzelne von ihnen einen neuen Seitennerven (Fig. 4, 5, 11). Darauf beginnen die beiden Hälften an der Basis über einander hinüber zu greifen (Fig. 6 u. 12), und es entsteht durch einen Einschnitt in den deckenden Rand ein Segment (Fig. 7, 10, 13), das nach vollkommener Ablösung das neue Stipularblatt darstellt (Fig. 8—10, 14). Unterdessen haben die beiden Kelchblatthälften die Breite von gewöhnlichen Sepalen erreicht und der Blütenboden hat nach und nach eine regelmässig fünfkantige Form angenommen.

Zur Erzielung vollständiger Pentamerie ist jedoch auch das Hinzukommen eines fünften Staubblattes notwendig, und Fig. 9 u. 10 zeigen, wie dieses genau

[1] Roeper, J., hat in der Botanischen Zeitung 1856, p. 484 (unter dem Titel: »*Alchemilla* keine *Sanguisorbea*») einen Ausspruch in gleichem Sinne gemacht, ohne jedoch eine directe Motivierung dafür zu geben. — Vergl. Eichler, a. a. O.

[2] Murbeck, Sv.: Untersuchungen über den Blütenbau der Papaveraceen, pp. 49, 79, 84 (K. Svenska Vet.-Akad. Handl., Bd. 50, N:o 1, 1912).

auf gleiche Art wie das neue Stipularblatt, nämlich durch Umwandlung eines von der einen Sepalhälfte abgetrennten Segmentes, zu stande kommt. In Fig. 10, die eine Blüte von *A. minor* vorstellt, sehen wir nämlich, dass das fünfte Staubblatt in der halben Länge des Staubfadens noch mit der gedeckten linken Sepalhälfte vereinigt ist, in deutlicher Analogie zu dem was an der Basis der rechten, deckenden Hälfte beobachtet wird, wo ein Stipularblatt eben im Begriffe ist, sich abzutrennen. In Fig. 9, die eine Blüte von *A. speciosa* darstellt, erscheint die Staubblattbildung auf einem früheren Stadium abgebrochen, indem das Filament nur durch eine starke Anschwellung an dem einen Rand der gedeckten Sepalhälfte repräsentiert wird und indem auch die Anthere, die überdies nur unvollkommen ausgebildet ist, noch in Verbindung mit dem Kelchblatt steht; dagegen hat sich hier des Stipularblatt von der anderen Sepalenhälfte bereits vollkommen abgetrennt. — So entstehen also sämmtliche neue Organe durch Spaltungen bereits vorhandener und zwar entweder direct (Kelchblätter) oder durch Umwandlung von Sepalsegmenten (Stipularblatt und Staubgefäss).

Es verdient hervorgehoben zu werden, dass die Ausbildung des Staubblattes im allgemeinen früher als die Entwicklung des Stipularblattes stattzufinden scheint: von dem untersuchten Materiale entsprechen nämlich nicht weniger als 38 Blüten den in Fig. 11 u. 12 wiedergegebenen Verhältnissen, während dagegen nur 3 durch Fig. 8 repräsentiert werden.

Bei der Umwandlung zu Hexamerie findet der eben besprochene Vorgang mitten vor zwei Kelchblättern statt. In Fig. 15 ist der Vorgang nicht ganz abgeschlossen, indem das Stipularblatt zwischen zwei Kelchblatthälften, das Staubgefäss zwischen den beiden anderen fehlt; auch haben die neuen Sepalen in diesem Fall noch nicht ihre vollkommene Breite erreicht und die Seitennerven haben noch keine Anastomosen mit dem Mittelnerv gebildet. In zwei anderen Blüten von *A. minor* war hingegen vollkommene Hexamerie erreicht.

2. *Die Organbildung findet längs eines epipetalen Radius statt* (*Epipetale Pleiomerie*). — Bei diesem Process (Taf. 7, Figg. 16—31) beginnt die Tätigkeit damit, dass eines der Stipularblätter (eines der in den Figuren nach abwärts gerichteten) auswächst und sich entweder, wie in den zu *A. speciosa* gehörigen Fig. 19 u. 20, sofort in drei Lappen teilt, wobei der grosse Mittellappen sich direct zu dem neuen Kelchblatt entwickelt und die Seitenlappen zu Stipularblättern auswachsen, oder vorerst nur zwei Segmente bildet (Fig. 16—18), deren grösseres, nachdem es noch weiter herangewachsen ist, ein weiteres Stipularsegment an seinem entgegengesetzten Rand abtrennt (siehe Fig. 21, wo sich das letztgenannte Segment an der Basis noch nicht frei gemacht hat). — Nicht selten geschieht es jedoch, dass das auswachsende primäre Stipularblatt lange ungeteilt bleibt (Fig. 23—27), so dass seine Segmentierung erst dann beginnt, wenn es beiläufig die Grösse eines Kelchblattes erreicht hat (Fig. 28—30).

Im Androeceum kommt Pentamerie dadurch zu Stande, dass das Staubgefäss, das sich innerhalb des auswachsenden Stipularblattes befindet, in zwei geteilt wird. Diese Zweiteilung sehen wir in Fig. 19—21 ungefähr gleichzeitig mit der Segmentierung des Aussenkelchblattes vor sich gehen; in Fig. 25 spielt sie sich ab, während dieses Organ noch ungeteilt ist. Dass Zweiteilung eines Staubgefässes vorsichgeht, lässt sich daran erkennen, dass die Breite des Filamentes sich verdoppelt hat und dass die Anthere gleichfalls eine grössere Breite besitzt und 6—8 in zwei Stockwerke angeordnete Pollenfächer enthält. Es verdient hervorgehoben zu werden, dass partiell geteilte Filamente, wie man sie so häufig bei *Comarum* (siehe Fig. 3, *d*, *e*, *f*; Seite 7) antrifft, bei *Alchemilla* niemals beobachtet wurden; die Spaltung des Filamentes scheint hier im Gegenteil auf einmal vor sich zu gehen, so dass das folgende Stadium der in Fig. 26 gegebenen Abbildung entspricht, wo zwei vollkommen geschiedene, wenn auch nahe aneinanderstehende Staubgefässe vorhanden sind. Im gleichen Masse wie das auswachsende Stipularblatt vergrössert und segmentiert wird, entfernen sich diese Staubblätter immer mehr von einander; gleichzeitig erhält der Blütenboden eine mehr regelmässig fünfkantige Form (Fig. 27—29) und damit ist die Blüte vollständig pentamer geworden.

Ausnahmsweise kann Pentamerie im Androeceum auch auf andere Art zu stande kommen. In Fig. 31, die eine Blüte von *A. speciosa* darstellt, ist links unten ein Stipularblatt ausgewachsen; dieses ist durch Dreiteilung der Ausgangspunkt zweier neuer Stipulæ und eines zwischen ihnen befindlichen neuen Kelchblattes geworden, von dessen einem Rand sich das erforderliche fünfte Staubblatt ablöst, und zwar in ganz derselben Weise wie in Figg. 9 u. 10. Dieser Fall dürfte als ein Beispiel für das aufgefasst werden können, was ich bei *Comarum* intermediäre Pleiomerie genannt habe, d. h. als eine Mittelform zwischen episepaler und epipetaler Pleiomerie. — In Fig. 30, die sich auf *A. alpestris* bezieht, begegnen wir einem andern Fall, indem das neue Staubgefäss hier im Begriffe steht, sich von einem der vier ursprünglichen Kelchblätter abzutrennen; mit diesem ist es nämlich in der unteren Hälfte des Filamentes noch vereinigt.

Auch bei epipetaler Umwandlung entstehen die neuen Organe daher jedesfalls durch Spaltungen von bereits vorhandenen.

Epipetale Hexamerie findet sich in der Blüte von *A. minor*, die in Fig. 32 abgebildet wird. An den Seiten des nach abwärts gerichteten Kelchblattes sind nämlich zwei Stipularblätter zu neuen Sepalen ausgewachsen und gleichzeitig haben sich die beiden untersten Staubblätter zweigeteilt. Die Hexamerie ist jedoch insofern unvollkommen, als die neuen Kelchblätter noch keine Stipularsegmente abgetrennt haben.

Entstehung der Meiomerie.

Die Entwicklung in meiomerer Richtung geht beinahe niemals weiter als zur Trimerie. Nur in einigen wenigen Fällen konnte eine Andeutung von Dimerie beobachtet werden.

Trimerie entsteht dadurch, dass einer der Quadranten der Blüte ausgeschaltet wird; ebenso wie bei *Comarum* kann die dies bewirkende Tätigkeit entweder auf einen episepalen oder einen epipetalen Radius verlegt sein, oder auf eine Linie, die zwischen zwei derartigen Radien liegt.

1. *Die Tätigkeit ist auf einen episepalen Radius verlegt* (*Episepale Meiomerie*). — Dieser Fall (Tafel 8, Fig. 35—49) ist nicht so gewöhnlich wie der folgende: die Frequenzzahlen verhalten sich im untersuchten Materiale wie 2 : 5.

Die Tätigkeit ist vorerst daran zu erkennen, dass eines der Kelchblätter (das in den Figuren nach abwärts gerichtete) an Grösse abnimmt und die Nervenanastomosen verliert, die sich sonst regelmässig im oberen Teil, gegen die Spitze der Sepalen zu, finden (Fig. 35). Darauf beginnen sich die beiden angrenzenden Aussenkelchblätter mit diesem Blatte zu vereinigen u. zw. entweder gleichzeitig, wobei ein dreilappiges Organ entsteht (Fig. 36, 42, 46), oder zu verschiedenen Zeiten wie in Fig. 41, wo das eine Stipularblatt noch frei ist, und in Fig. 37 und 47, wo das rechte Aussenkelchblatt noch als ein Lappen erscheint, während das linke vollständig in das Kelchblatt aufgegangen ist. Zu dem Zeitpunkte, wo beide Aussenkelchblätter einbezogen sind, hat das Kelchblatt noch weiter an Grösse eingebüsst (Fig. 45 u. 48), und endlich nimmt es die Gestalt eines gewöhnlichen Aussenkelchblattes an (Fig. 49). — Zu bemerken ist, dass ich einzelne Blüten angetroffen habe, bei welchen die beiden Aussenkelchblätter (oder eines von ihnen) in stark reducierter Form auftraten, wie links in Fig. 38 u. 43. Dies könnte gewiss die Vermutung nahe legen, dass das Verschwinden der Aussenkelchblätter bisweilen auf wirklichem Abort beruhe. Ohne diese Möglichkeit in Hinsicht auf einzelne Fälle leugnen zu wollen, glaube ich doch hervorheben zu müssen, dass diejenigen Blüten, die besagtes Verhältnis verkörpern, in der Regel den obersten Verzweigungen der Wickel angehörten, wo die Stipulargebilde, insbesondere bei gewissen Arten, überhaupt nur schwach entwickelt sind [1], und dass ferner in ein paar beobachteten Fällen (z. B. Fig. 38) bei näherer Untersuchung festgestellt werden konnte, dass das Aussenkelchblatt an einem seiner Ränder, wenn auch nur am untersten Grunde, mit dem schwächeren Kelchblatte verwachsen war.

Während des eben geschilderten Verschmelzungsvorganges verkürzt sich die betreffende Seite des Blütenbodens immer mehr, wodurch die dort befindlichen Staubgefässe einander näher rücken (Fig. 39), bis sie sich endlich vereinigen. Der Verschmelzungsakt selbst (Fig. 40—45) konnte in 12 verschiedenen Blüten beobachtet werden. Was die Filamente betrifft, so scheint ihre Vereinigung in ihrer ganzen Länge auf einmal vor sich zu gehen, ebenso wie bei Pleiomerie beobachtet wurde, dass sie entweder bis zur Spitze hinauf vereinigt sind oder sich bis zur Basis hinab gespalten haben. Zwei Staubgefässe, die im Begriffe stehen zu verschmelzen, sind somit stets daran zu erkennen, dass sie ein einziges, ungeteiltes

[1] In einem solchem Falle braucht die Erscheinung, wie klar zu ersehen ist, nicht mit den zu Meiomerie führenden Umwandlungsprocessen in Zusammenhang zu stehen.

Filament doppelter Breite und eine gleichfalls nach der Breite gestreckte Anthere aufweisen, in welcher man bei näherer Untersuchung 6—8 Pollenfächer feststellen kann.

Nachdem die Verschmelzung der beiden Staubblätter erfolgt ist, hat das Receptaculum die Gestalt eines gleichseitigen Dreieckes angenommen, wodurch nun Trimerie erreicht ist (Fig. 49). Etwa hundert vollständig trimere Blüten sind angetroffen, wobei jedoch bemerkt werden muss, dass bei dem grösseren Teil derselben die Trimerie wahrscheinlich folgendem Schema gemäss zu stande gekommen ist.

2. *Die Tätigkeit ist auf einen epipetalen Radius verlegt* (*Epipetale Meiomerie*). — Bei Umwandlung in meiomerer Richtung ist dies, wie erwähnt, der häufigste Fall.

Der Umwandlungsprocess beginnt hier so, dass eines der Aussenkelchblätter (eines von denjenigen, die in den Figuren nach abwärts gerichtet sind) mit einem angrenzenden Kelchblatte verschmilzt u. zw. entweder während das Aussenkelchblatt noch verhältnismässig gross ist (Fig. 52—54 [1]) oder erst nachdem es bereits bedeutend an Grösse abgenommen hat (Fig. 50, 51). Bald darauf wird die entsprechende Ecke des Blütenbodens stumpfwinkelig mit etwas verkürzten Seiten (Fig. 55—59); in Zusammenhang damit nehmen die Kelchblätter etwas an Grösse ab und weisen eine geringere Divergenz auf (Fig. 60, wo übrigens auch die Nervenanastomosen teilweise verschwunden sind). Darauf beginnen die Kelchblätter wie auch ihre proximalen Seitennerven an der Basis zu verschmelzen (Fig. 61); nachdem auch das in Fig. 62 wiedergegebene Stadium überschritten ist, erscheint die Blüte, was ihre Hülle und die Form des Blütenbodens betrifft, regelmässig dreizählig.

Zur vollständigen Trimerie ist es inzwischen auch erforderlich, dass eines der Staubgefässe eliminiert wird. Dies wird auf dem gleichen Wege erreicht wie das Verschwinden des Aussenkelchblattes. Unten an der rechten Seite in Fig. 55, wo das Aussenkelchblatt noch frei ist, sehen wir also, dass das vorgelagerte Staubgefäss in seiner ganzen Länge mit dem unteren Kelchblatt verwachsen ist; das gleiche Verhältnis zeigt sich in Fig. 56, wo das Aussenkelchblatt gleichzeitig im Begriffe steht mit dem anderen Kelchblatte zu verschmelzen. In dem rechten Kelchblatt in Fig. 57 treffen wir an der Basis des unteren Nerven einen kurzen Seitenast, der ohne Zweifel einen Hinweis dafür bildet, dass das fehlende Staubgefäss in dieses Blatt aufgegangen ist. Auf gleiche Weise dürfte der vierte Nerv an dem unteren Kelchblatt in Fig. 59 entweder das fehlende Staubgefäss oder das verschwundene Aussenkelchblatt vorstellen.

Einleitung zu Dimerie liegt offenbar in den beiden Blüten vor, die durch Fig. 63 & 64 wiedergegeben werden. Wenn man bezüglich dieser Blüten annimmt, dass Trimerie durch den in Fig. 50—62 angegebenen Vorgang zustande gekommen ist, so erweist sich die Vereinfachung auch durch Reduktionstätigkeit längs des

[1] Die schwache Ausbuchtung an dem rechten Rande des Kelchblattes in Fig. 54 deutet darauf hin, dass das fehlende Stipulargebilde in dieses Blatt aufgegangen ist.

abwärts gewandten medianen Radius weiter fortgesetzt. In Fig. 63 ist das Aussenkelchblatt nämlich im Begriffe mit einem Kelchblatte zu verschmelzen und in Fig. 64 ist nicht nur das Aussenkelchblatt, sondern auch das vor ihm liegende Staubgefäss ganz verschwunden; zugleich ist die betreffende Ecke des Receptaculums abgestumpft worden. Wenn die Entwicklung sich so weit fortgesetzt hätte, dass es zu einer Vereinigung der beiden nach abwärts gerichteten Sepalen gekommen wäre, so würde offenbar vollständige Dimerie erreicht gewesen sein.

3. *Die Tätigkeit ist auf eine zwischen einem episepalen und einem epipetalen Radius befindliche Linie verlegt* (*Intermediäre Meiomerie*). — In den Anfangsphasen ist dieser Vorgang nicht selten; ob er zu vollständiger Trimerie führt, erscheint dagegen zweifelhaft.

Der Vorgang stellt ein Mittelding zwischen episepaler und epipetaler Meiomerie dar. Wie bei jener nimmt das eine Kelchblatt an Grösse ab (das in Fig. 65—69 nach abwärts gerichtete), wobei sich die entsprechende Seite des Receptaculums verkürzt. Die beiden angrenzenden Aussenkelchblätter werden jedoch nicht immer in dieses Kelchblatt aufgenommen; das eine von ihnen kann nämlich in ein seitlich stehendes Kelchblatt aufgehen, was aus dem überzähligen Nervenast an der linken Seite in Fig. 65 hervorgeht. Ausserdem geht der Ausfall des einen Staubgefässes nicht so vor sich, dass zwei Staubblätter mit einander verschmelzen, sondern ebenso wie bei der epipetalen Reduktionstätigkeit in der Weise, dass ein Glied des Androeceums sich mit einem Kelchblatt vereinigt und zwar entweder mit demjenigen, das an Grösse abgenommen hat, wie in Fig. 66 (wo das Filament ausnahmsweise nicht den Rand des Blattes bildet, sondern mit dessen Oberseite vereinigt ist) und in Fig. 67 (die zwei verschiedenen Blüten entspricht) oder auch mit einem der seitlich gestellten wie in Fig. 68 (wo die Anthere und der obere Teil des Filamentes noch frei sind).

Kombination von Meiomerie und Pleiomerie.

Ebenso wie bei *Comarum* trifft man auch bei *Alchemilla* nicht selten Blüten, die gleichzeitig Entwicklung sowohl in meiomerer als in pleiomerer Richtung zeigen. Beispiele hierfür bieten die Figuren 33 und 34 auf Taf. 7. Durch Verschmelzungen unten in der Medianlinie weisen diese beiden Blüten Entwicklung gegen Trimerie hin auf; gleichzeitig damit beginnt aber das obere Kelchblatt der ersteren Blüte sich zu spalten, und in der letzteren steht eines der nach aufwärts gerichteten Aussenkelchblätter eben im Begriffe, zu einem Kelchblatt auszuwachsen, wobei gleichzeitig das entsprechende Staubblatt eine Zweiteilung eingeht. In der letzterwähnten Blüte (Fig. 34) sind die im entgegengesetzten Sinne verlaufenden Vorgänge offenbar gleich weit vorgeschritten.

Bei Schilderung der in der *Alchemilla*-Blüte vor sich gehenden Umwandlungen haben wir festgestellt, dass ein Staubgefäss, wenn epipetale Meiomerie vorliegt, durch Verschmelzung mit einem Kelchblatt verschwindet und dass bei episepaler Pleiomerie ein neues durch Abtrennung von einem derartigen Blattorgane hinzukommt. Wenn das Staubgefäss ein wirkliches Androecealglied wäre und auf diese Weise einem Kreise angehörte, ausserhalb dessen man nicht nur eine abortierte Krone, sondern auch einen fehlgeschlagenen episepalen Staubblattkreis annehmen müsste, so wäre es wohl kaum wahrscheinlich, dass es auf angegebene Art verschwinden oder entstehen würde. Die Vereinigung desselben mit einem Kelchblatte, resp. seine Entstehung aus demselben wird jedenfalls leichter verständlich, wenn man es als umgebildetes Kronblatt auffasst. So ist besagtes Verhältnis daher nicht ohne Bedeutung für die letztere Anschauung, deren Berechtigung ich, wie bereits erwähnt, an anderem Orte mit weiteren Gründen nachweisen werde.

Zusammenfassung.

Zur Erzielung allgemeingiltiger Schlussätze sind offenbar Untersuchungen innerhalb verschiedener Angiospermengruppen erforderlich. Die Resultate, die auf Grund der hier behandelten Rosaceen gewonnen wurden, scheinen jedoch im Wesentlichen teils mit den in der Literatur verstreuten Angaben, teils mit Beobachtungen übereinzustimmen, die von mir innerhalb anderer Familien eingeleitet worden sind. Sie können auf folgende Art zusammengefasst werden.

1. Bei Änderungen in der Zahl, die dem Blütenbau zu Grunde liegt, ist die umgestaltende Tätigkeit keineswegs über die ganze Blüte verteilt, so dass z. B. ein Kelchblatt an einer Stelle der Peripherie hinzukommt oder verschwindet, ein Kronblatt an einer anderen und so, dass Staubgefässe an wieder anderen Punkten eingeschoben oder ausgeschaltet werden; die Tätigkeit ist im Gegenteil streng localisiert, indem alle diese Organe eine geschlossene Gruppe bilden, die zwischen bereits vorhandene Gruppen eingeschoben oder ausgeschaltet wird. Die umwandelnden Kräfte sind mit anderen Worten auf einen einzigen Radius verlegt und ihre Wirkung erstreckt sich nur über einen so grossen Teil des Blütenbodens wie eine derartige Organgruppe einnimmt. — Bei hochgradiger Pleiomerie ist jedoch die Anzahl von Neubildungsherden ebensogross wie die Anzahl neuer Organgruppen.

2. Die bei Entwicklung der Pleiomerie erforderlichen neuen Organe scheinen sich nie aus neuentstandenen, selbständigen Anlagen zu entwickeln; sie scheinen im Gegenteil stets das Resultat von Spaltungen zu sein, wobei eines der Spaltungsprodukte sich oft in ein Organ anderer Kategorie umwandelt. Ein neues Kelchblatt entsteht daher entweder durch Zweiteilung eines bereits vorhandenen, oder durch Auswachsen eines Aussenkelchblattes, dessen Mittelteil sich in ein Sepalum umwandelt, ausnahmsweise auch zweifellos durch Spaltung eines Kronblattes und calycoide Ausbildung eines der Spaltungsproducte. In entsprechender Weise entsteht ein neues Petalum entweder ganz einfach durch Spaltung eines Kronblattes oder durch petaloide Ausbildung eines infolge Teilung entstandenen Androecealgliedes (*Comarum*); bei *Eualchemilla*, wo die Kronblätter wahrscheinlich nicht fehlen,

aber in Gestalt von Staubgefässen auftreten, entsteht ein neues derartiges Organ entweder direct durch Spaltung oder auch durch Umwandlung eines Kelchblattsegments. Die Entstehung der einen oder andern Kategorie von Staubgefässen bei *Comarum* beruht gleichfalls auf Spaltungen in der Blüte bereits vorhandener Androecealglieder.

3. Die bei Entwicklung der Meiomerie wegfallenden Organe verschwinden nicht, wenigstens in der Regel nicht, durch wirklichen Abort an ihren resp. Plätzen, sondern durch Verschmelzung mit anderen gleich- oder verschiedenartigen Organen. Ein Kelchblatt wird also entweder auf die Weise eliminiert, dass es mit zwei naheliegenden Aussenkelchblättern zu einem Complex zusammenfliesst, der späterhin zu einem Aussenkelchblatt reduciert wird, oder so, dass es sich mit einem naheliegenden Kelchblatt zu einem einzigen Sepalum vereinigt, ausnahmsweise auch dadurch, dass es sich in ein Kronblatt umwandelt. Ein Kronblatt kann zwar durch wirklichen Abort verschwinden (*Comarum*), aber dieses scheint auf einer dieser Pflanze innewohnenden Tendenz zu beruhen, die Krone in schwach entwickelten Blüten rückzubilden; wenn das Verschwinden des Kronblattes in unzweifelhaftem Zusammenhang mit der Entwicklung der Meiomerie steht, verläuft dies vielmehr so, dass das Blatt in ein Staubgefäss umgewandelt wird, welches darauf mit einem wirklichen Androecealglied verschmilzt; bei *Eualchemilla* wird eines der staubgefässartigen Petala dadurch entfernt, dass es entweder mit einem andern derartigen Organ oder mit einem Kelchblatt verschmilzt. Auf gleiche Weise verschwinden wirkliche Staubgefässe bei *Comarum* dadurch, dass sie mit einander zusammenfliessen; was die Kronstaubblätter betrifft, so konnte jedoch niemals beobachtet werden, dass eines von ihnen mit einem anderen Androecealglied zusammenfliesst, weshalb es dahingestellt sein muss, ob etwa der Ausfall dieses Staubgefässes hier auf wirklichem Abort beruht.

4. Der Radius, auf welchen die umbildende Tätigkeit verlegt erscheint, liegt bei Entwicklung der Pleiomerie meistens episepal, bei Entwicklung der Meiomerie meist epipetal. Dieses ist leicht verständlich, nachdem wir erkannt haben, dass der Vorgang in ersterem Fall in Spaltungen besteht, im letzteren in Verschmelzungen. Mit Organbildung verbundene Spaltungen müssen nämlich leichter längs einer Linie stattfinden, welche den Mittelnerv der Kelchblätter trifft, da dieser die kräftigsten Leitungsbahnen der Blüte darstellt; ebenso müssen Verschmelzungen und Reduktionen leichter innerhalb eines Teiles vor sich gehen, der zu beiden Seiten von kräftigen Gefässbündeln begrenzt wird, aber selbst nur schwächere besitzt.

5. Bei Meiomerie und Pleiomerie kommen die gleichen Entwicklungsgesetze in Anwendung; der Vorgang verläuft nur in entgegengesetzter Richtung.

Bei epipetaler Meiomerie werden also, obgleich in entgegengesetzter Richtung, genau dieselben Phasen durchlaufen wie bei episepaler Pleiomerie u. s. w.

6. Dass bei Änderungen in den Zahlenverhältnissen der Blüte die umgestaltende Tätigkeit sich stets darin äussert, dass eine ganze Gruppe äusserer und innerer Organe an einer gewissen begrenzten Stelle eingeschoben oder vertilgt wird, ist zum Verständnis der Architektonik gewisser Blüten von Bedeutung. Durch die erwähnte Erscheinung, die ohne Zweifel darauf zurückzuführen ist, dass infolge Spaltung resp. Verschmelzung der ursprünglichen Gefässbündelstämme der Blüte ein ganzer Complex sowohl innerer als äusserer Gefässbündelanlagen entsteht resp. verschwindet, erhält man nämlich eine natürliche Erklärung der GOEBEL'schen Theorie der sogen. »gepaarten Blattanlagen» [1], d. h. des innerhalb verschiedener Pflanzengruppen beobachteten Verhältnisses, dass wenn z. B. ein Hüllblatt hinzukommt oder ausfällt, das vor diesem stehende Staubgefäss mitfolgt, welches also stets gleichsam mit dem Hüllblatt verkoppelt erscheint. Es ist dann nämlich nicht notwendig, das gemeinsame Auftreten oder Verschwinden eines äusseren und eines inneren opponierten Organes durch irgend eine mystische »gegenseitige Anziehung» [2] zu erklären, sondern es beruht ganz einfach darauf, dass ein sectorförmiger Teil eingeschoben wurde oder verschwunden ist und dass dieser Teil Anlagen für sowohl innere wie äussere Gefässtränge umfasst und somit auch Anlagen für sowohl innere als äussere Blattorgane.

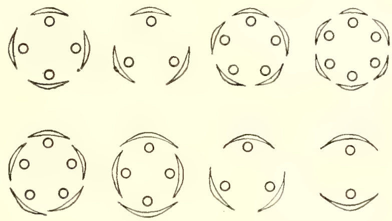


Fig. 6.

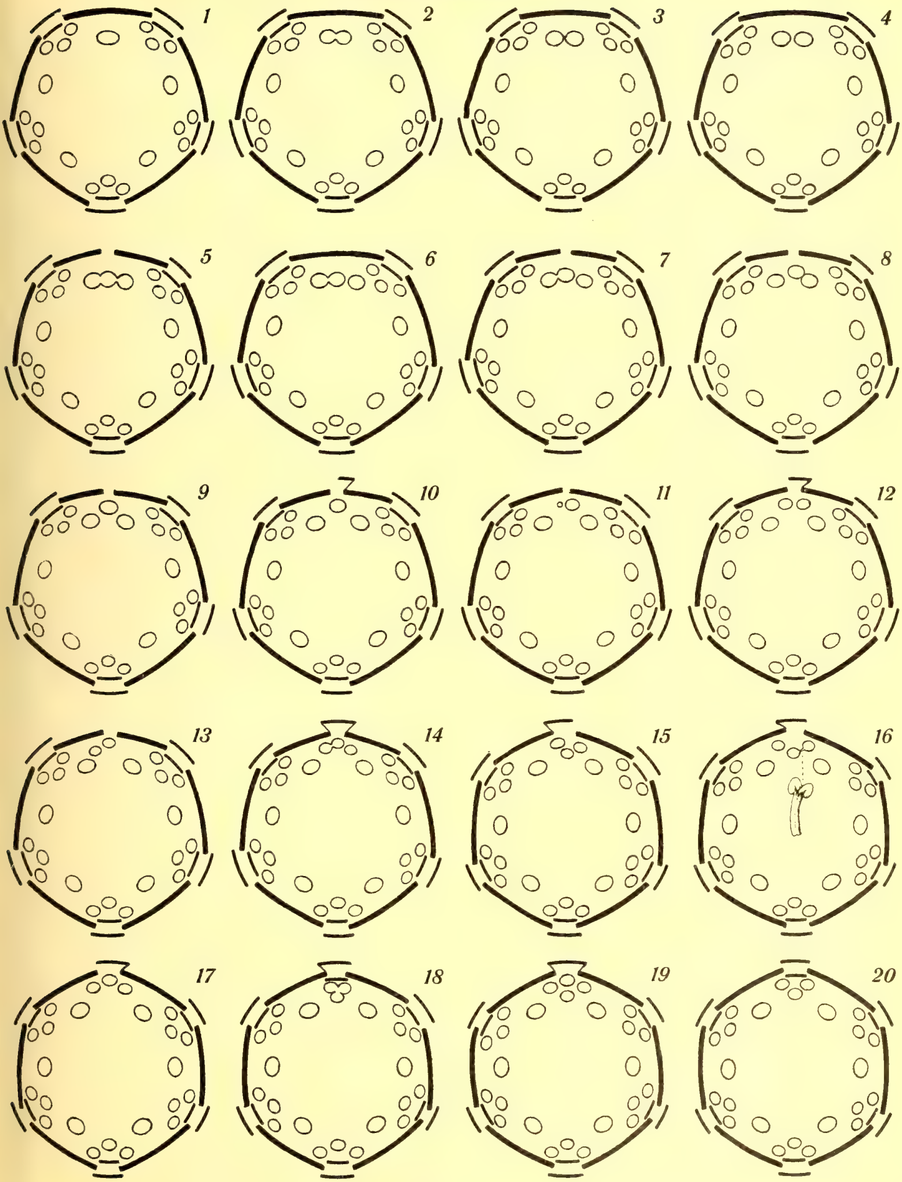
Zur Beleuchtung des Gesagten sei auf nebenstehende Diagrammserien hingewiesen (Fig. 6). Die obere von ihnen verbildlicht Blüten von *Alnus Alnobetula* [3], eine normale mit vier Hüllblättern und vier Staubgefässen, ferner eine unter- und zwei überzählige. GOEBEL betrachtet die normale Blüte als aus zwei vierzähligen opponierten Kreisen bestehend und daraus, dass die Opponierung in den über- und unterzähligen Blüten beibehalten ist, sollte hervorgehen, dass die Staubblätter mit den Hüllblättern verkoppelt sind, so dass man sagen könnte, dass jene in der Achsel der letzteren entstanden sind. Eine derartige Anschauung kann, da sie dem Gesetze, das die Architektonik der Blüte beherrscht, zu sehr widerspricht, nicht befriedigen. In Übereinstimmung mit EICHLER [4] muss ich die normale *Alnus*-Blüte als aus 2 + 2 Hüllblättern und 2 + 2 Staubblättern aufgebaut betrachten. Die fünf- und sechszähligen Blüten sind aus dieser durch die Einschaltung von einem oder zwei neuen Sectoren und zwar solchermassen entstanden,

[1] GOEBEL, K.: Über »gepaarte» Blattanlagen; Flora, Neue Folge, Bd. 3, p. 248—262 (1911).
[2] COHN, F. M.: Beiträge z. Kenntnis d. Chenopodiaceen; Flora, Neue Folge, Bd. 6, p. 51 (1914).
[3] Nach GOEBEL, l. c., p. 257.
[4] EICHLER, A.: Blüthendiagramme, II, p. 13 (1878).

dass ein resp. zwei Hüllblätter nebst den vor ihnen stehenden Staubblättern verdoppelt wurden; die dreizählige Blüte aber ist durch Ausfall eines Quadranten und zwar ohne jeden Zweifel dadurch entstanden, dass zwei Hüllblätter und zwei vor ihnen stehende Staubgefässe verschmolzen sind. Im Wesentlichen auf gleiche Weise sind in der unteren Diagrammserie die drei meiomeren Chenopodiaceen-Blüten aus der für die Familie typischen fünfzähligen entstanden, die sowohl in der Hülle als auch im Androeceum aus einem zweizähligen und einem dreizähligen Kreis aufgebaut sein dürfte oder vielleicht noch eher aus einer kontinuirlichen $^2/_5$ Blattspirale. Unter solchen Umständen erscheinen die ebengenannten Blüten, ebenso wie zum Beispiel die der Urticaceen, in Übereinstimmung mit dem Alternationsprincip gebaut; und was insbesondere die »Paarung» betrifft, so besteht diese in der Tat nur darin, dass das Staubgefäss, da es dem gleichen Sector angehört wie das ausserhalb gelegene Hüllblatt, gleichzeitig mit diesem verdoppelt oder auch eliminiert wird. — Auch die von Goebel erwähnte *Dorstenia*-Blüte (l. c., p. 258, Fig. 7), die nur aus zwei Hüllblättern und zwei diesen opponierten Staubgefässen besteht, ist offenbar nur eine Reductionsform. Auch wenn es, wie der erwähnte Forscher sagt, »besonders deutlich hervortritt, dass die Staubblattanlagen in der Achsel der Perigonblätter entstehen, wie ein Achselspross in der Achsel seines Deckblattes», so schliesst dies offenbar keinen Beweis dafür ein, dass ein näherer Zusammenhang zwischen Perigon- und Staubblatt wirklich vorhanden ist; die männliche *Dorstenia*-Blüte ist ohne jeden Zweifel aus der typischen — dimeren und tetracyclischen — ♂-Blüte der *Moraceæ* und *Urticaceæ* hervorgegangen und zwar auf die Weise, dass zwei Quadranten eliminiert sind; damit ist aber auch hier das Phänomen der Verkoppelung befriedigend erklärt.

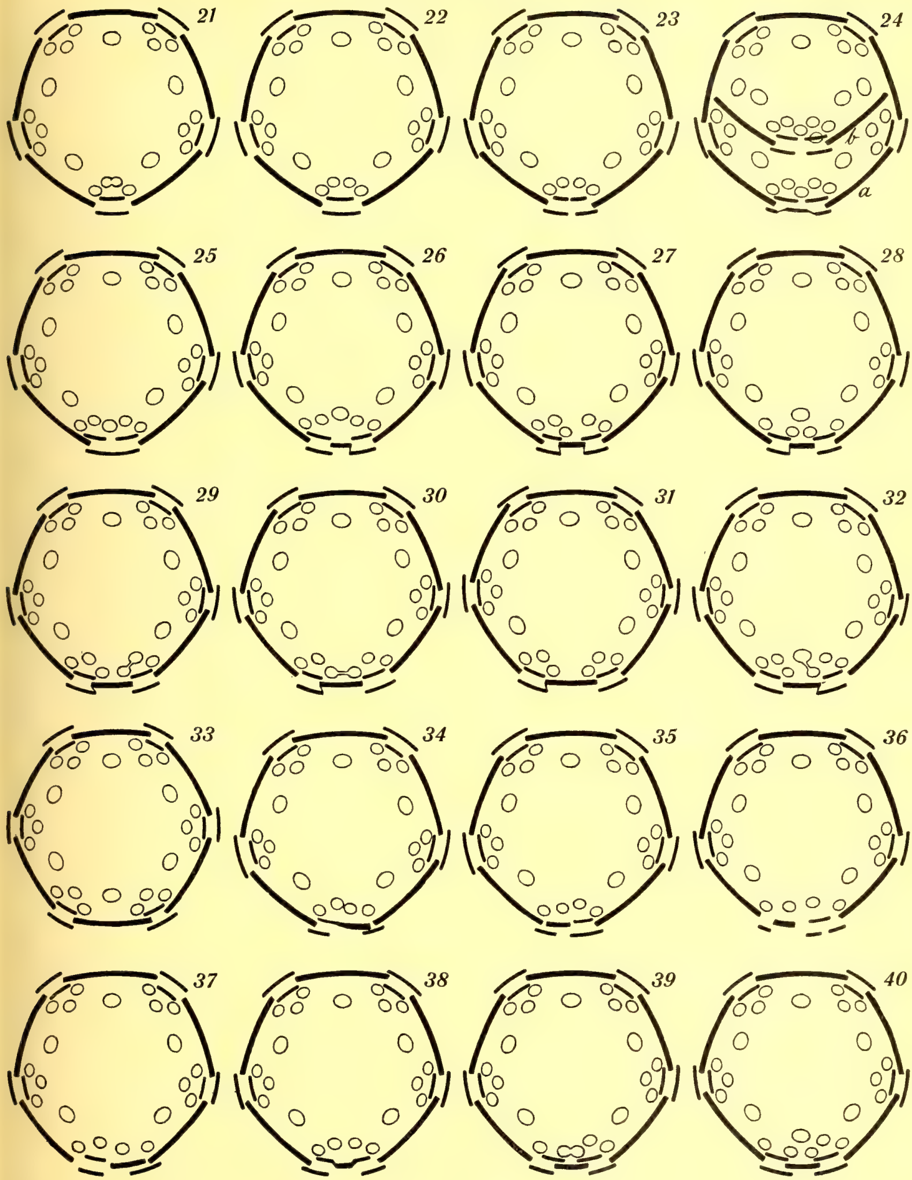
(Fertiggedruckt am 23. Dez. 1914.)

Episepale Pleiomerie



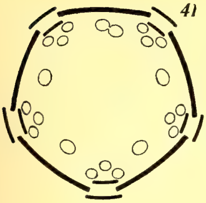
Håkan Ohlssons boktr.

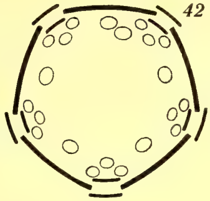
Epipetale Pleiomerie

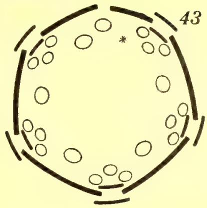


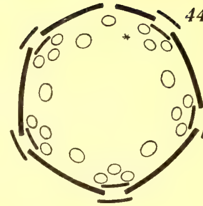
Håkan Ohlssons boktr.

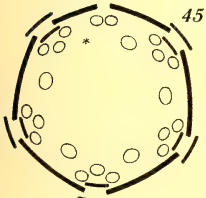
Intermediäre Pleiomerie etc.

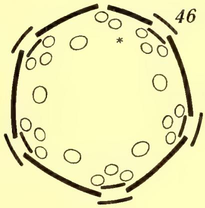

41

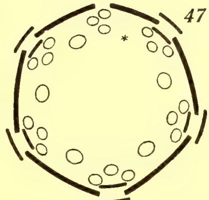

42

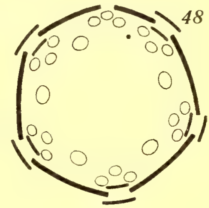

43

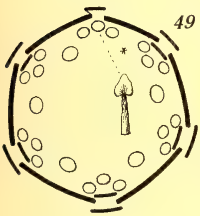

44

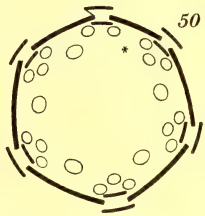

45

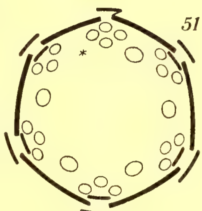

46

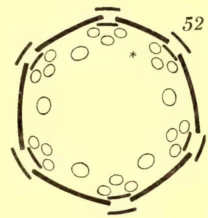

47

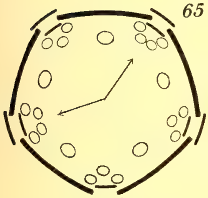

48

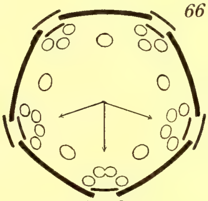

49

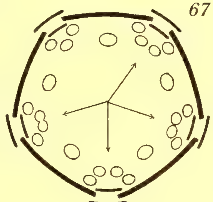

50

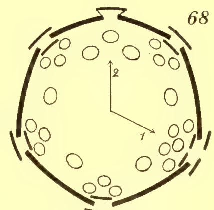

51


52

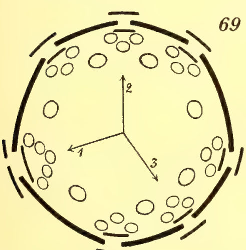

65


66

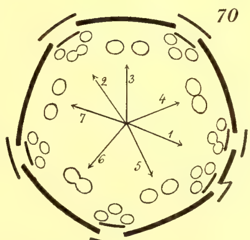

67



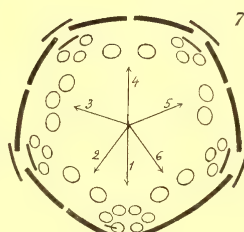
68



69

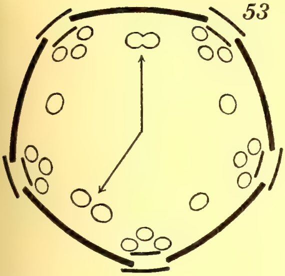


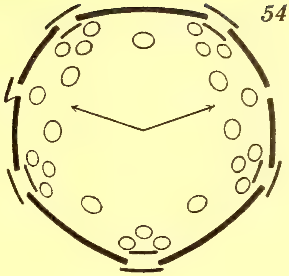
70

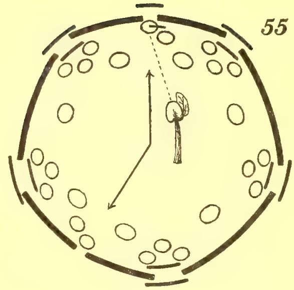


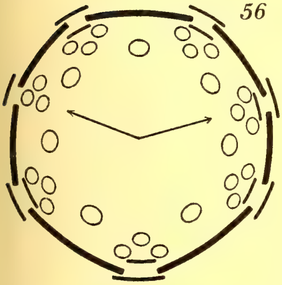
71

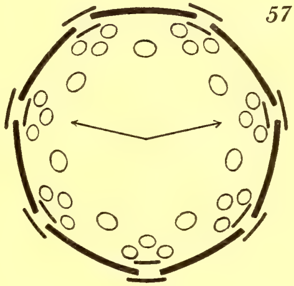
Håkan Ohlssons boktr.

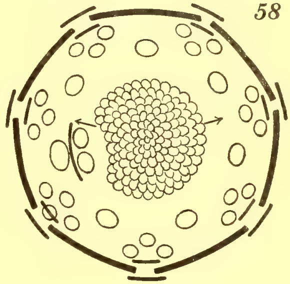

53

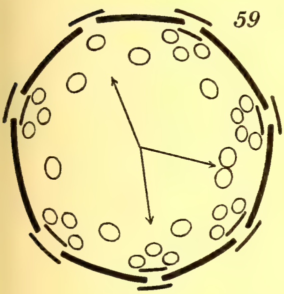

54

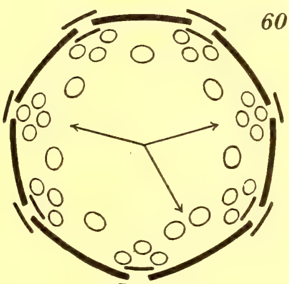

55

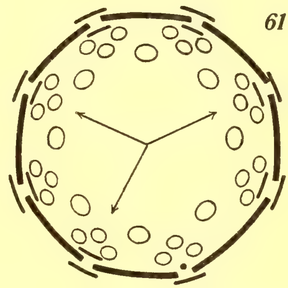

56

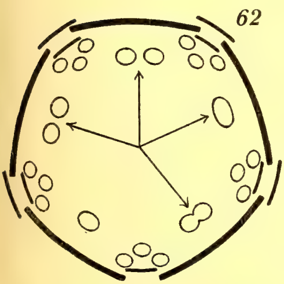

57

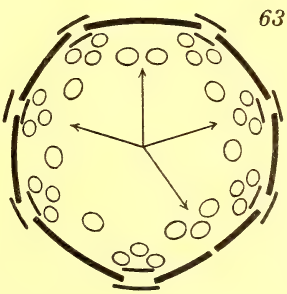

58

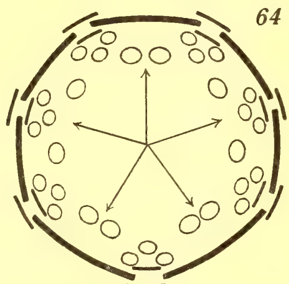

59


60


61

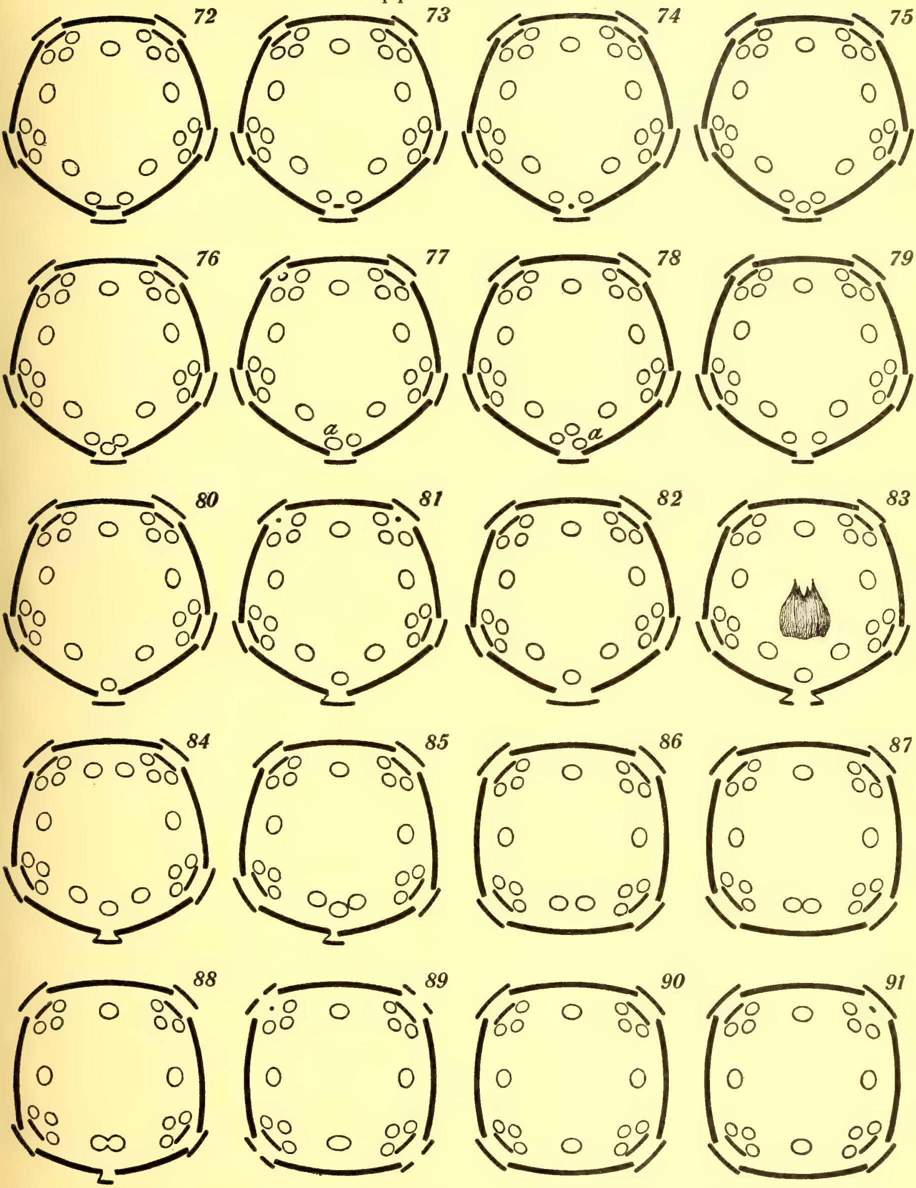

62


63


64

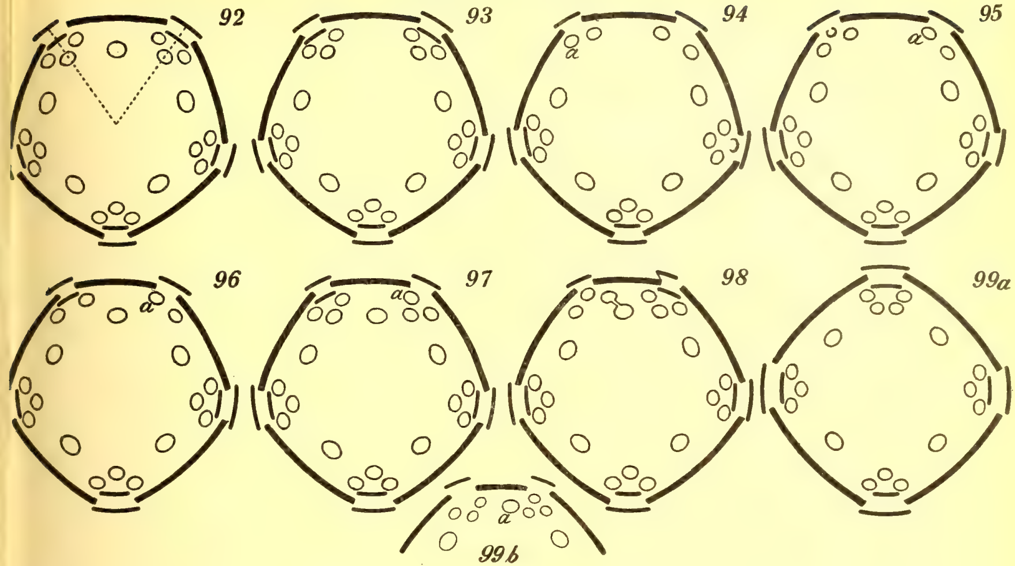
Håkan Ohlssons boktr.

Epipetale Meiomerie

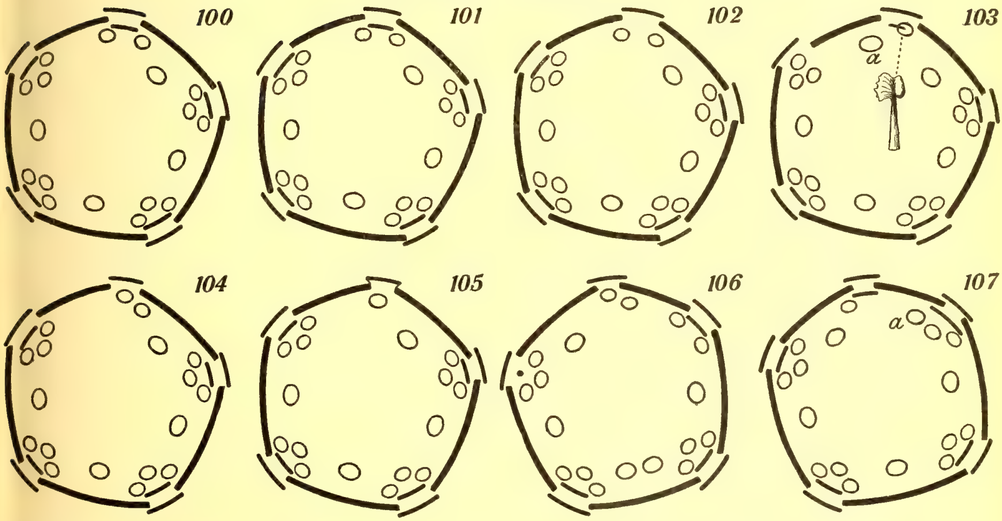


Håkan Ohlssons boktr.

Episepale Meiomerie

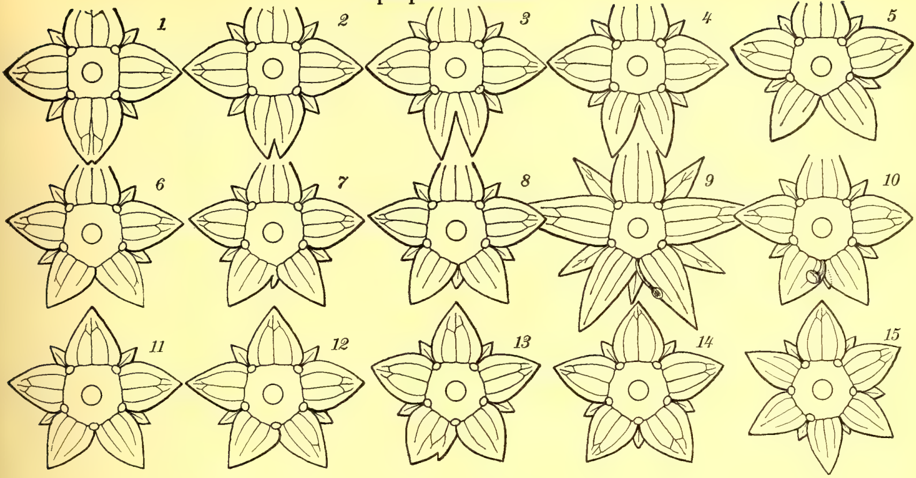


Intermediäre Meiomerie

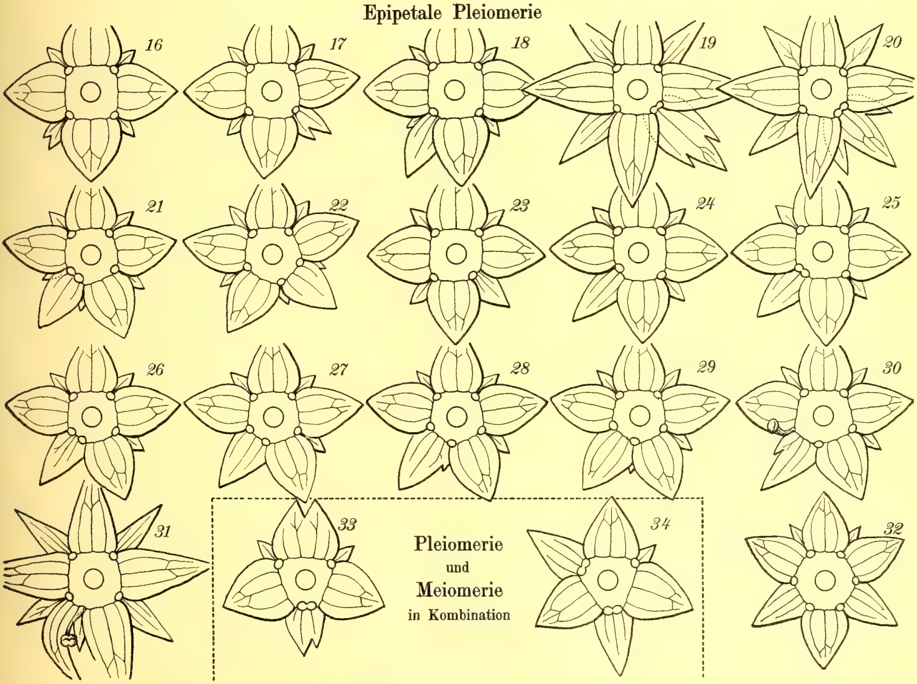


Håkan Ohlssons boktr.

Episepale Pleiomerie

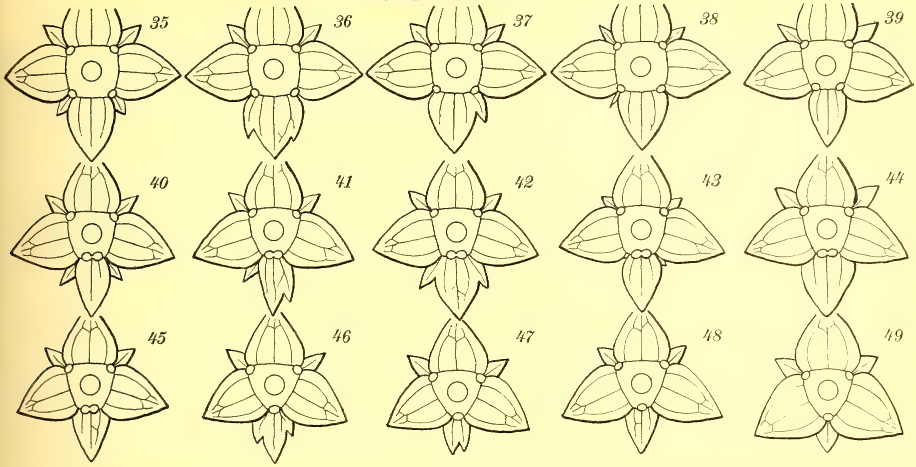


Epipetale Pleiomerie

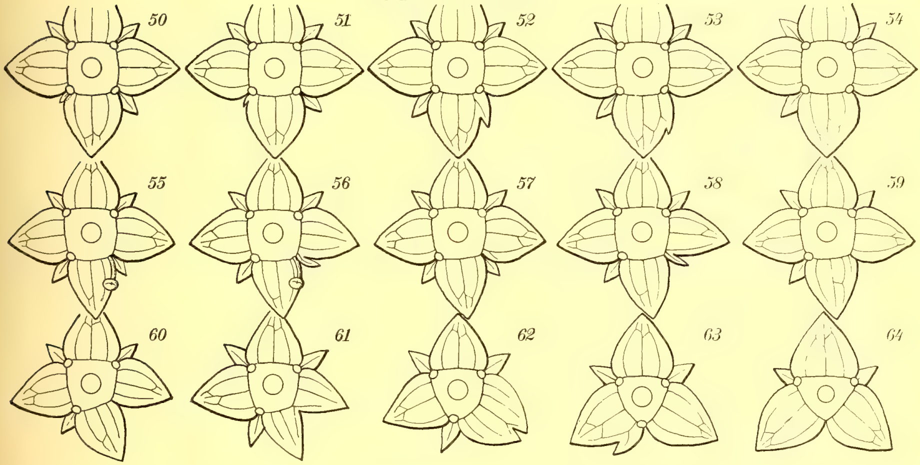


Håkan Ohlsons boktr.

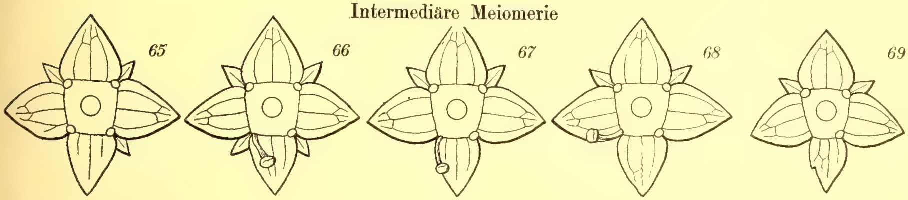
Episepale Meiomerie



Epipetale Meiomerie



Intermediäre Meiomerie



Håkan Ohlssons boktr.

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 11. Nr 4.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 26. Nr 4.

DER MITTLERE DICELLOGRAPTUS-SCHIEFER AUF BORNHOLM

VON

ASSAR HADDING

MIT 4 TAFELN UND 4 TEXTFIGUREN

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Der K. Physiographischen Gesellschaft vorgelegt am 9. Dezember 1914.

LUND 1915
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

Einleitung.

In seiner Übersicht über das Silur Schonens hat TULLBERG zu den Zonen, die er unter dem Namen »die mittleren Graptolithenschiefer» zusammenfasst, einige gerechnet, die ihm nur aus Bornholm bekannt waren. Da diese Zonen sich an eine andere, auf Bornholm auftretende, vorher von mehreren Fundorten in Schonen her bekannte Zone: die Zone mit *Dicranograptus Clingani* CARR., direkt anschliesst, war damit ihr Platz im System klar. Spätere Untersuchungen in Schonen haben indessen ergeben, dass TULLBERG's Übersicht eben in Bezug auf diesen Teil der Schichtenfolge sehr mangelhaft ist, und man konnte daher vermuten, dass auch die Bornholmer Schichten einer Revision unterzogen werden müssten. Diese Revision versprach um so mehr Interesse, als man sich dabei notwendigerweise die Frage stellen musste, wie eine Parallelisierung der für Bornholm eigentümlichen Zonen mit denjenigen vorzunehmen sei, die in der anscheinend lückenlosen Schichtenreihe Schonens nachgewiesen sind.

Es galt vor allem zu entscheiden, welcher Platz in unsrem Schema dem unteren Teil der von TULLBERG aufgestellten Schichtenfolge Bornholms, d. h. der Zone mit *Climacogr. Vasae* TULLB. und den »fossilienfreien Schiefern» zukäme. Da man früher zum »Clinganischiefer» nicht nur die Schichten zu rechnen pflegte, in denen man *Dicranogr. Clingani* wirklich findet, sondern auch die ganze, mit ihnen zusammen auftretende Folge von harten, schwarzen Schiefern, war es ja wahrscheinlich, dass die Zone mit *Climacogr. Vasae* dem unteren Teil dieser Schieferfolge entspräche. Wenn, wie MOBERG gemeint hat, die Zone mit *Climacogr. rugosus* TULLB. ein lokales Aequivalent des Dicranograptusschiefers wäre, könnte man sich ja nicht wundern, wenn auch auf Bornholm eine ganz lokale Ausbildung des unteren Teils vom ebenerwähnten Schiefer vorkäme.

Was die »fossilienfreien Schiefer» betrifft, so lag die Vermutung nahe, dass sie den Bildungen, die in Schonen unter dem »Clinganischiefer» liegen, d. h. dem unteren Dicellograptusschiefer, wenigstens zum Teil entsprächen. Könnte man auf Bornholm diesen letzteren Schiefer oder nur einen Teil desselben nachweisen, so würde dies hoffentlich auch die Lösung der obenerwähnten Fragen herbeiführen.

Ich bin Herrn Professor Dr. J. C. Moberg vielen Dank dafür schuldig, dass er im Frühling 1913 die grosse öffentliche geologische Excursion des Semesters nach Bornholm verlegte, wodurch er es mir ermöglichte, an Ort und Stelle die hier besprochenen Bildungen zu studieren. Auch sämtlichen Excursionsteilnehmern will ich hier meinen herzlichen Dank für ihre Freundlichkeit aussprechen, mir bei dem Sammeln der Fossilien behilflich gewesen zu sein.

Die Untersuchung, deren Ergebnisse im folgenden vorliegen, umfasst die bei Vasagaard aufgeschlossenen Graptolithenschiefer. Diese sind jünger als der Orthocerenkalk [1] und vom Trinucleusschiefer direkt überlagert. Ausser diesen Schiefern bei Vasagaard sind auch einige ihnen äquivalente bei Hullegaard (an der Læsaa) und am Risebæk flüchtig untersucht worden.

An diese Untersuchung schliesst sich die Vergleichung mit den entsprechenden Bildungen Schonens an. Ausser dem reichen Material, das mir im geologischen Institut zu Lund zur Verfügung stand, habe ich auch neues sammeln müssen, namentlich um eine genauere Kenntnis von der vertikalen Verbreitung der Arten zu gewinnen.

[1] Zwischen den Schiefern und dem Orthocerenkalk findet sich eine völlig bedeckte, zweifelsohne ziemlich mächtige Schichtenreihe.

Historische Übersicht.

Ich beabsichtige hier nicht aus der älteren Literatur über die Silurablagerungen Bornholms alle die Angaben, die sich auf die hier behandelten Bildungen beziehen, herauszugreifen und zu besprechen. Es genügt, hervorzuheben, dass man schon früh (Forchhammer u. a.) die deutliche Übereinstimmung des Silurs von Schonen mit dem Bornholms beobachtet hat. Mit einer näheren Untersuchung der Schichten hat man sich jedoch nicht abgegeben. Erst in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts fing man mit der Beschreibung der Graptolithenschiefer Schonens an (Törnquist 1865), und es dauerte noch einige Jahre, ehe eine stratigraphische Untersuchung der entsprechenden Bildungen Bornholms vorgenommen wurde. — Bevor ich auf eine Besprechung der Ergebnisse dieser Untersuchung eingehe, dürfte es am Platze sein, an ein paar ältere Angaben über die Fauna der Graptolithenschiefer bei Vasagaard zu erinnern. Im Jahre 1852 beschrieb Geinitz [1] einige Graptolithen aus den ebenerwähnten Schiefern und bildete sie ab. Die beschriebenen Arten sind: (*Cladograptus*) *Dicellograptus Forchhammeri* Geinitz, »eine mit (*Graptolithus*) *Dicellograptus sextans* Hall am nächsten verwandte Art», *Diplograptus foliaceus* Murch. und ein kleiner Brachiopod: (*Orbicula*) *Discina Portlocki* Gein. Von dem Alter der Schichten, in denen man diese Fossilien angetroffen hatte, sagt er nur: »Ich zweifle nicht, dass diese Schichten der unteren Silurformation angehören».

1873 liefert Johnstrup [2] einige neue Angaben über die Fauna im Schiefer bei Vasagaard. Ausser den von Geinitz beschriebenen Arten erwähnt er nämlich u. a. auch: *Diplograptus pristis* His., *Didymograptus* sp., *Orthis argentea* His., eine grössere *Lingula*, *Bellerophon* und *Euomphalus* sp. Johnstrup's Untersuchung der Schichten ist jedoch sicher ziemlich oberflächlich gewesen, und über die stratigraphischen Verhältnisse spricht er sich nicht aus.

Die erste eingehende Untersuchung der Graptolithenschiefer Bornholms wurde im Jahre 1879 von Tullberg vorgenommen und ihre Ergebnisse sind in seiner Übersicht der silurischen Bildungen Schonens veröffentlicht [3].

---

[1] Geinitz 1852, S. 13 u. a.
[2] Johnstrup 1874, S. 13 u. a.
[3] Tullberg 1882, S. 19 u. a.

Von Vasagaard erwähnt TULLBERG fossilienfreie Schiefer, die von der Zone mit *Climacograptus Vasae* TULLB. und der Zone mit *Dicranograptus Clingani* CARR. bedeckt sind und vom Risebæk diese letztere Zone, die von fossilienfreien Schiefern und der Zone mit *Climacograptus styloideus* LAPW. überlagert ist. Die Weise, auf die TULLBERG diese Zonen in seine stratigraphische Übersicht einschaltet, wird an einer anderen Stelle näher erörtert. Hier will ich zunächst nur die Untersuchung TULLBERGS über die Graptolithenschiefer Bornholms etwas ausführlicher besprechen.

Die Zonen, die TULLBERG in den Graptolithenschiefern Bornholms unterscheidet, beschreibt er etwa folgendermassen:[1]

Die Zone mit **Climacograptus styloideus** LAPW. ist nur vom Risebæk bekannt. Sie erreicht eine Mächtigket von etwa 3.2 m und besteht aus schwarzen, festen, gut spaltenden Schiefern mit folgenden Fossilien:

Climacograptus styloideus LAPW.
» cfr *minutus* CARR.
Diplograptus foliaceus MURCH.
» » var. *calcaratus* LAPW.
Dicellograptus Morrisi HOPK.
Leptograptus flaccidus HALL
» » var. *tribrachiatus*
Amphiograptus radiatus LAPW.

Die Zone mit **Dicranograptus Clingani** CARR. besteht aus schwarzen, ebenflächig spaltenden, gewöhnlich an Fossilien reichen Schiefern. Die Zone wird in drei Abteilungen: α (die jüngste), β und γ eingeteilt und enthält folgende Fossilien:

α) *Dicranograptus Clingani* CARR.
Diplograptus foliaceus MURCH.
» *truncatus* LAPW.
Climacograptus bicornis HALL
Dicellograptus Morrisi HOPK.
Leptograptus flaccidus HALL
Orthis argentea HIS.

β) *Diplograptus foliaceus* MURCH.
» *truncatus* LAPW.
Dicellograptus Forchhammeri GEIN.

γ) *Dicranograptus Clingani* CARR.
Diplograptus foliaceus var.
Climacograptus caudatus LAPW.
» n. sp.
Corynoides sp.
Orbicula sp.

[1] TULLBERG 1883, S. 241 ff. Hierbei benutze ich das deutsche Resumé, dass bezüglich dieser Bildungen nur in einigen Fällen unerheblich von dem Originalwerk abweicht.

Diese Zone ist ausser von dem Risebæk und Vasagaard auch vom südöstlichen Schonen bekannt.

Die Zone mit **Climacograptus Vasae** Tullb. ist nur von Vasagaard bekannt. Sie besteht aus einer ziemlich mächtigen Serie harter Schiefer. Das einzige in der Zone angetroffene Fossil ist:

Climacograptus Vasae Tullb.

(Tullberg behauptet, dass diese Art in England mit Exemplaren von *Climacograptus Wilsoni* Lapw. vorkomme; seiner Ansicht nach wäre also die Zone mit *Climacograptus Vasae* Tullberg mit der Zone des *Climacograptus Wilsoni* Lapw. identisch.)

Fossilienfreie Schiefer unterlagern bei Vasagaard die vorige Zone. Sie bestehen aus folgenden drei Abteilungen:[1]

α) harte, in dicke Platten spaltende, schwarze oder graue Tonschiefer,

β) weisslicher, talkiger Schiefer und weisser plastischer Lehm,

γ) schwarze oder zuweilen graue Tonschiefer in denen angetroffen worden sind:

Climacograptus sp.
Brachiopoden.

Tullbergs Beschreibung dieser Graptolitenschiefer ist nicht nur die erste eingehende, die wir haben, sondern auch die letzte. Das einzige von Interesse, was seitdem bezüglich dieser Bildungen veröffentlicht worden ist, ist ein paar kürzere Mitteilungen über ihre Beziehungen zu den entsprechenden Schichten in Schonen und England. So hat Olin[2] das Vorkommen von *Climacograptus styloideus* Lapw. in Schonen (bei Jerrestad) nachgewiesen und Törnquist[3] hat eine *Dendrograptus*-Art aus Vasagaard (wahrscheinlich aus Tullbergs »fossilienfreien Schiefern») beschrieben, die von Interesse ist, weil sie in England mit *Didymograptus Murchisoni* Beck. zusammen vorkommt.

Die Ablagerungen Schonens, die den Graptolithenschiefern bei Vasagaard und dem Risebæk entsprechen, sind von Olin[4] untersucht worden. Da jedoch seine Untersuchung sich hauptsächlich auf die Trilobitenfauna beschränkt und keine Trilobiten bisher in den hier erörterten Bornholmer Schichten angetroffen worden sind, hat die erwähnte Untersuchung nur in geringem Grade die Bearbeitung des Materials von Bornholm erleichtert. Von den durch Olin zusammengebrachten Sammlungen, die dem Geolog. Institut zu Lund gehören, habe ich dagegen bei der Vergleichung der Bornholmer Schiefer mit denen aus Schonen den grössten Nutzen gehabt.

[1] Die älteste Abteilung (γ) ist in das deutsche Resumé (1883) nicht aufgenommen.
[2] Olin 1906, S. 34.
[3] Törnquist 1911, S. 437.
[4] Olin 1906.

Beschreibung der Lokalitäten.

Gleich nördlich von Vasagaard, am westlichen Ufer der Læsaa (**1** auf Fig. 1), ist eine 5—6 m hohe Schieferwand zu sehen. Der Schiefer fällt gegen S, und wir begegnen deshalb den jüngsten Schichten im südlichen Teil des Profils, den ältesten im nördlichen Teil desselben. Die Gesamtmächtigkeit der entblössten Schichten beträgt etwa 12 m. Zum grössten Teil besteht die Ablagerung aus schwarzen oder dunkelgrauen Tonschiefern und nur ihr oberster Teil (3 m) unterscheidet sich auf den ersten Blick von der Hauptmasse durch seine bräunliche oder olivengrüne Farbe. Dieser Teil ist, wie wir schon wissen, zum Trinucleusschiefer zu rechnen[1], und da er keine Graptolithen führt, ist er für uns hier ohne Interesse. Der untere und weitaus grösste Teil der Schieferserie ist dagegen ein typischer Graptolithenschiefer, wenn auch Fossilien in gewissen Teilen desselben sehr spärlich vorkommen. Trilobiten scheinen ganz zu fehlen und die Fauna besteht hauptsächlich aus Gastropoden, Lamellibranchiaten, Brachiopoden, aber vor allem aus Graptolithen. — Im folgenden werde ich die Ergebnisse der Untersuchung über die petrographischen und faunistischen Eigenschaften der verschiedenen Abteilungen näher besprechen[2]. Ausserdem verweise ich auf die schematische Profilzeichung (S. 10) und betreffs der Fauna auf die Übersichtstabelle (S. 37).

a. Die unterste beobachtete Schicht besteht aus einem 0.03 m mächtigen, rauhen und harten, weissen Gestein, reich an ganz oder teilweise zersetztem Schwefelkies. Die Schicht ist nur auf dem Grund des Baches beobachtet worden und scheint auf einem schwarzen Schiefer zu ruhen. Keine Fossilien sind hier angetroffen worden.

b. Harter, schlecht spaltbarer, fossilienarmer, schwarzer Schiefer. Hierin wurden angetroffen: *Climacogr. Scharenbergi* Lapw., *Climacogr. rugosus* Tullb., ***Modiolopsis? plana*** Hdg, ***Euomphalus bullæformis*** n. sp., ***Lingula magna*** n. sp., ***Lingula dicellograptorum*** Hdg var. ***pulla*** n. var., ***Obolus celsus*** n. sp., ***Obolus? rugosus*** n. sp., ***Discina Portlocki*** Gein. und ***Anatifopsis? elongatus*** Hdg. Mächtigkeit 1 m.

[1] Ravn 1899: Trilobitfaunaen i den bornholmske Trinucleusskifer. Danmarks geol. Unders. II. R. Nr 10.

[2] Die Gliederung der Schichtenserie in die Abteilungen a—l schliesst sich möglichst nahe an die petrographische Beschaffenheit an, ist aber nur für die Klarstellung der vertikalen Verbreitung der Arten von Bedeutung.

c. Harter, leichter spaltbarer, schwarzer Tonschiefer, wie der vorhergehende arm an Fossilien (namentlich im unteren Teil). Angetroffene Fossilien: *Amplexogr. Vasae* Tullb., *Modiolopsis? plana* Hdg, *Lingula magna* n. sp., *Obolus? rugosus* n. sp.,

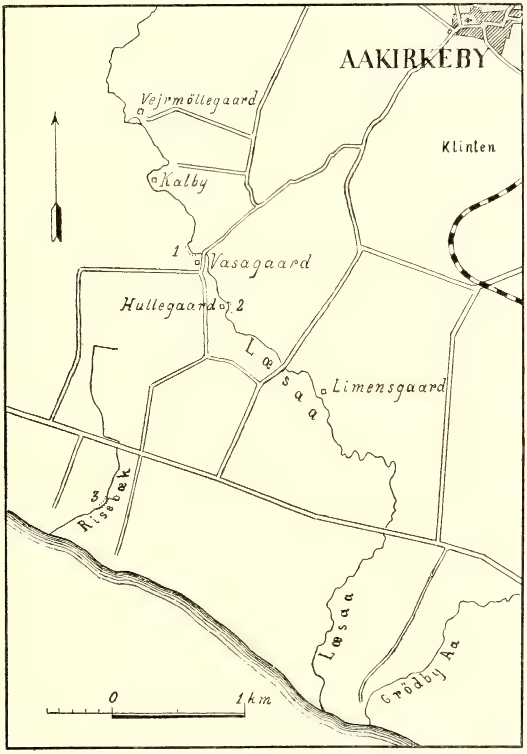


Fig. 1. Kartenskizze der Fundorten des mittleren Dicellograptusschiefers auf Bornholm.

Obolus celsus n. sp., *Discina Portlocki* Gein., *Acrotreta nana* Hdg, *Orthis argentea* His., *Anatifopsis? elongatus* Hdg. Mächtigkeit 2.2 m. Im unteren Teil der Abteilung sieht man einen hellen Rand von ziemlich plastischem Ton. In den nächst überliegenden Schichten ist der Schiefer von schlechterer Spaltbarkeit.

d. Gelbe Schicht, stark zersetzt. Mächtigkeit 0.02 m.

e. Harter, schwarzer Tonschiefer, im unteren Teil (e_1) schlecht spaltbar, im oberen (e_2) leichter spaltbar. Folgende Fossilien kommen in der Abteilung vor:

Amplexogr. Vasae Tullb., *Corynoides incurvus* n. sp., *Corynoides curtus* Lapw., *Lingula magna* n. sp., *Obolus? rugosus* n. sp., *Obolus celsus* n. sp., *Discina Portlocki* Gein., *Acrotreta nana* Hdg, *Nucula elliptica* n. sp., *Nucula? reticulata* n. sp. Im oberen Teil kommt noch *Dicranogr. Clingani* Carr. hinzu. Mächtigkeit 1.5 m.

f. In dicke Platten spaltender, schwarzer Tonschiefer, von zahlreichen vertikalen Spalten durchzogen. Fossilien ziemlich häufig. Angetroffen sind: *Amplexogr. Vasae* Tullb., *Diplogr. compactus* Lapw., *Climacogr. brevis* E. & W., *Dicranogr. Clingani* Carr., *Corynoides incurvus* n. sp., *Obolus celsus* n. sp., *Discina Portlocki* Gein. Mächtigkeit 1.0 m.

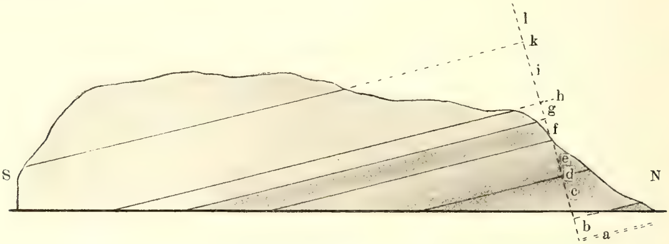


Fig. 2. Schematische Profilzeichnung der Schichtenserie bei Vasagaard.
Höhenmassstab : Längenmassstab = 3 : 1.

g. Sehr harter, ebenflächig spaltender, schwarzer Tonschiefer. Sehr reich an Fossilien: *Diplogr. compactus* Lapw., *Diplogr. lacer* n. sp., *Diplogr. calcaratus* Lapw. var. *robustus* n. var., *Climacogr. pulchellus* n. sp., *Dicranogr. Clingani* Carr., *Dicellogr. Forchhammeri* Gein, *Dicellogr. pumilis* Lapw., *Corynoides incurvus* n. sp., *Lingula dicellograptorum* Hdg var. *pulla* n. var., *Obolus celsus* n. sp., *Discina Portlocki* Gein, *Acrotreta nana* Hdg, Phyllocariden-Fragmente. Mächtigkeit 0.7 m.

h. Stark zersetzte, rostbraune Schicht. Mächtigkeit etwa 0.02 m.

i_0—i_5. Schwarze, in dünne Platten spaltende, ziemlich weiche Tonschiefer, reich an Fossilien. Mächtigkeit etwa 3 m. In den verschiedenen Abteilungen sind folgende Fossilien angetroffen worden:

i_0. *Diplogr. quadrimucronatus* Hall, *Diplogr. truncatus* Lapw. var. *pauperatus* Lapw., *Climacogr. styloideus* Lapw., *Dicranogr. Forchhammeri* Gein., *Dicellogr. pumilis* Lapw., *Lingula dicellograptorum* Hdg var. *pulla* n. var., *Obolus celsus* n. sp., *Discina Portlocki* Gein., *Acrotreta dubia* Hdg.

i_1. *Climacogr. styloideus* Lapw., *Leptogr. flaccidus* Hall var. *macer* E. & W., *Obolus celsus* n. sp., *Discina Portlocki* Gein., *Acrotreta dubia* Hdg, Annelidenkiefer.

i_2. *Climacogr. styloideus* Lapw., *Leptogr. flaccidus* Hall var. *macer* E. & W., *Obolus celsus* n. sp., *Discina Portlocki* Gein.

i_3. *Diplogr. calcaratus* Lapw. var. *basilicus* Lapw., *Climacogr. styloideus* Lapw., *Climacogr. brevis* E. & W., *Leptogr. flaccidus* Hall var. *macer* E. & W., *Obolus celsus* n. sp., *Discina Portlocki* Gein.

i_4. *Diplogr. calcaratus* Lapw. var. *basilicus* Lapw., *Diplogr. truncatus* Lapw., *Diplogr. peosta* Hall, *Climacogr. styloideus* Lapw., *Climacogr. brevis* E. & W., *Obolus celsus* n. sp., *Discina Portlocki* Gein., *Acrotreta dubia* Hdg.

i_5. *Diplogr. calcaratus* Lapw. var. *basilicus* Lapw., *Diplogr. peosta* Hall, *Dicellogr. Johnstrupi* n. sp., *Discina Portlocki* Gein., *Acrotreta dubia* Hdg.

k. Stark zersetzte Schicht. 0.05 m mächtig.

l. Olivengrüner bis brauner Trinucleusschiefer. Im unteren Teil wurden Bruchstücke eines *Trinucleus*-Kopfschildes gefunden.

Wenn man von Vasagaard der Læsaa nach SO folgt, findet man nahe am Gehöft einige kleine Aufschlüsse, wo der Trinucleusschiefer entblösst ist. Weiter bachabwärts begegnet man indessen wieder den schwarzen Graptolithenschiefern und diese lassen sich dann bis nach Hullegaard (**2** auf der Kartenskizze) verfolgen. Die Schiefer sind hier leicht zugänglich, aber die Schichtenserie wird stellenweise durch verschüttete Partieen unterbrochen, und die entblössten Wände sind überall sehr niedrig. Ich fand es somit ganz zwecklos die Schichtenserie auch hier zu verfolgen. Die Bearbeitung des gesammelten Materials hat aber ergeben, dass wir es hier mit denselben Fossilien wie bei Vasagaard zu tun haben. Die Schichten der beiden Fundorten sind sicher, wie schon Johnstrup[1] hervorgehoben hat, als Schichtenköpfe einer grossen Mulde zu betrachten. Die Neigungsverhältnisse weisen nämlich darauf hin, und Verwerfungen scheinen überhaupt nicht vorhanden zu sein, oder sie sind wenigstens sehr klein und ohne Bedeutung für die Auffassung der Lagerungsverhältnisse.

Auf der erwähnten Excursion wurden auch die Silurlagerstätten am Risebæk besucht. Dicht an der Chaussee, und besonders an ihrer Südseite, war der Orthocerenkalk in einem früheren Kalksteinbruch entblösst. Weiter nach S waren die Schichten vollkommen bedeckt, bis sie an der Stelle, wo der Bach nach SW abbiegt (**3** auf der Kartenskizze), wieder zum Vorschein kommen. Bei der Krümmung und weiter bachabwärts stand im Bachbette ein schwarzer Tonschiefer an. Dieser wurde nicht näher untersucht, aber eine ziemlich reichliche Menge Fossilien wurde eingesammelt. Die weitere Untersuchung hat ergeben, dass wir hier dieselbe Schichtenserie wie bei Vasagaard haben, somit auch die unteren Schichten, die Tullberg nur von dem letzgenannten Fundort her kannte. Die Schiefer sind hier frischer und die Fossilien besser erhalten als bei Vasagaard.

[1] Johnstrup 1889, S. 25.

Beschreibung der Fossilien.

Graptolitæ.

Diplograptus quadrimucronatus Hall.

1865. *Graptolithus quadrimucronatus* Hall, S. 144, Taf. XIII, Fig. 1—10.
1907. *Diplograptus (Orthograptus) quadrimucronatus*, Elles & Wood, S. 223, Taf. XXVIII, Fig. 1 a—d.

Polyparium $3^1/_2$ cm lang, 3 mm breit. Proximalende 1 mm breit. Theken 10 auf 10 mm, mit den für diese Art charakteristischen Mündungsstacheln. Von Vasagaard liegt nur ein Exemplar vor. Es wurde in der Abteilung i_0 mit *Diplogr.*

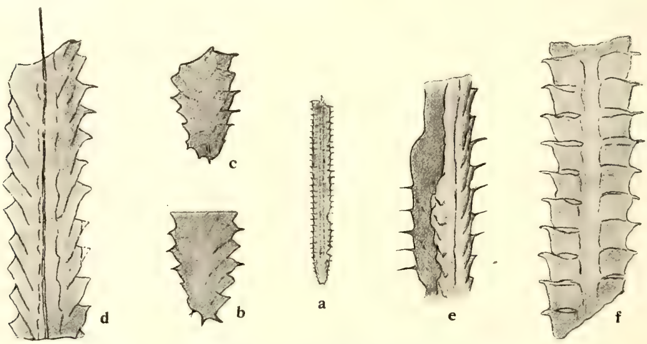


Fig. 3. *Diplograptus quadrimucronatus* Hall. Jerrestad.
a) Vollständiges Exemplar, subscalariförmig. Massstab 1 : 1.
b) Proximaler Teil im Biprofil.
c) Proximaler Teil schiefgepresst. Theken mit schwacher Querstreifung.
d) Distaler Teil im Biprofil.
e) Distaler Teil schiefgepresst.
f) Distaler Teil subscalariförmig. b—f im Massstabe 5 : 1.

truncatus Lapw. var. *pauperatus* Lapw. und *Climacogr. styloideus* Lapw. zusammen gefunden. Bei Jerrestad tritt die Art im oberen Teil der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. und in der nächst jüngeren Abteilung neben *Lasiogr. Harknessi* Nich., *Climacogr. bicornis* Hall und *Diplogr. calcaratus* Lapw. var. *basilicus* Lapw. ziemlich zahlreich auf.

Diplograptus calcaratus Lapw. var. **robustus** n. var.

Taf. I, fig. 25—27; Taf. II, fig. 1.

1852. *Diplograptus foliaceus* Murch, Geinitz, S. 25, Taf. I, Fig. 29—30.
1906. *Diplograptus foliaceus* Murch, Olin, S. 30 u. a.

Das Polyparium erreicht eine Länge von 8 cm. Vom Proximalende, das 1.5 mm breit ist, erweitert es sich langsam, so dass es nach 3—4 cm eine maximale Breite von 3.5—4 mm hat. Nach dem distalen Teil zu wird das Polyparium oft schmäler, wahrscheinlich weil die jüngsten Theken nicht völlig ausgewachsen sind. Proximalende schief, gerundet. Sicula etwa 1 mm lang. Virgella bald kurz, bald lang und schmal, und mit einer Membran versehen. Die zwei ältesten Theken tragen kurze Mündungsstacheln. Virgula zuweilen im distalen Teil des Polypariums sichtbar. Das Medianseptum ist immer deutlich und verläuft oft wie eine Leiste längs der Mitte des Polypariums, Distal hat es einen bandförmigen Fortsatz.

Von den Theken, die mit etwa der Hälfte ihrer Länge auf einander übergreifen, kommen 7 auf 10 mm.

Die proximalen Theken haben immer einen stark konvexen äusseren Ventralrand und einen geraden Mündungsrand, der winkelrecht auf der Längsaxe des Polypariums steht. Die distalen Theken haben gewöhnlich einen ziemlich geraden äusseren Ventralrand und einen schwach konkaven Mündungsrand, der mit dem Ventralrand einen so spitzen Winkel bildet, dass die Mündung etwas nach innen gerichtet wird. Der äussere Teil des Ventralrands hat oft unter der Mündung eine Einschnürung. Der Mündungsrand nimmt $^1/_5$—$^1/_7$ der Breite des Polypariums ein.

Vorliegende Form unterscheidet sich von der Hauptform und deren bisher bekannten Varietäten durch ihr an Breite langsam zunehmendes Polyparium. Von der Hauptform unterscheidet sie sich ausserdem dadurch, dass ihre basalen Theken mit sehr kleinen Mündungsstacheln versehen sind. Von *Diplogr. calcaratus* var. *basilicus* Lapw. ist sie durch ihre bedeutend grössere Breite und die Form der distalen Theken verschieden.

Diplogr. calcaratus Lapw. var. *robustus* kommt bei Vasagaard (Abt. g) und am Risebæk in der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. vor. Bei Jerrestad und Tosterup trifft man ihn neben *Dicellogr. Forchhammeri* Gein. und bei Röstånga (Lok. III: 13) zusammen mit *Climacogr. pulchellus* n. sp.

Diplograptus calcaratus Lapw. var. basilicus Lapw.

Taf. II, Fig. 2 u. 3.

1873. *Orthograptus basilicus* Lapworth, S. 134.
1907. *Diplograptus (Orthograptus) calcaratus* Lapw. var. *basilicus*, Elles & Wood, S. 243, Taf. XXX, Fig. 2 a—d.

Das Polyparium wird selten mehr als 4 cm lang und 2 mm breit. Der proximale Teil ist gerundet aber sehr unsymmetrisch. Sicula etwa 1 mm lang und ziemlich schmal. Virgella kurz. Das erste Thekenpaar ist mit kleinen, groben Mündungsstacheln versehen.

Theken 9 auf 10 mm. Sie sind dreieckig und greifen mit etwa $^1/_3$ ihrer Länge auf einander über. Der Ventralrand der Theken ist konkav-konvex und zeigt oft unter der Mündung eine schwache Einschnürung. Der Mündungsrand ist gerade oder schwach gebogen; er bildet mit dem Ventralrand der Theka einen spitzen Winkel. Die Mündung ist ganz nach oben oder etwas nach innen gerichtet. Sie nimmt $^1/_3$ der Breite des Polypariums ein. Medianseptum auf der reversen Seite vom dritten Thekenpaar an sichtbar. Virgula fadenförmig, oft wellenförmig gebogen.

Die Bornholmer Form stimmt mit der englischen nahe überein, obgleich diese etwas grösser zu sein scheint.

Bei Vasagaard kommt diese Varietät im oberen Teil der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. und in der Zone mit *Climacogr. styloideus* Lapw. vor. In Grossbritannien wird sie aus der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. und der Zone mit *Pleurogr. linearis* Carr. erwähnt. Bei Jerrestad findet sich diese Varietät über der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr., bei Fågelsång (und Röstånga) in den entsprechenden Horizonten.

Diplograptus truncatus Lapw.

Tab. II, Fig. 4—7.

1877. *Diplograptus truncatus* Lapworth, S. 133, Taf. VI, Fig. 17.
1907. *Diplograptus (Orthograptus) truncatus*, Elles & Wood, S. 233, Taf. XXIX, Fig. 3 a—e.

Das Polyparium erreicht eine Länge von 35 mm. Von dem verhältnismässig schmalen (kaum 1 mm breiten) Proximalende an erweitert es sich gleichmässig und ziemlich schnell und erreicht nach 15 mm eine maximale Breite von 3.5 mm. Sicula 1.5 mm lang; Virgella kurz.

Auf 10 mm kommen 9—12 Theken, die mit etwa der Hälfte ihrer Länge auf einander übergreifen. Der Ventralrand ist gerade oder schwach konkav, seltener konvex. Der Mündungsrand ist fast gerade oder schwach konkav und steht recht-

winklig zum Ventralrand der Theka. Die Theken bilden mit der Längsaxe des Polypariums einen Winkel von etwa 40°. Jede der beiden ersten Theken zeigen bisweilen einen äusserst feinen Mündungsstachel. An besser erhaltenen Exemplaren ist das Polyparium deutlich quergestreift.

Die vorliegende Form ist etwas kleiner als die englische (vgl. ELLES & WOOD), stimmt aber in allem wesentlichen mit dieser gut überein. Völlige Übereinstimmung scheint zwischen der Bornholmer Form und der bei Jerrestad auftretenden zu herrschen.

Bei Vasagaard kommt *Diplogr. truncatus* LAPW. in der Abteilung i_4, mit *Climacogr. styloideus* LAPW., *Climacogr. brevis* E. & W. und *Diplogr. calcaratus* LAPW. var. *basilicus* LAPW. zusammen, vor. Bei Jerrestad tritt die Art neben *Climacogr. bicornis* HALL, *Climacogr. brevis* E. & W. und *Diplogr. calcaratus* LAPW. var. *basilicus* LAPW. auf. *Diplogr. truncatus* LAPW. ist auch von Fågelsång und Röstånga bekannt.

Diplograptus truncatus LAPW. var. pauperatus LAPW. mscr.

Taf. II, Fig. 8—11.

1907. *Diplograptus (Orthograptus) truncatus* LAPW. var. *pauperatus*, ELLES & WOOD, S. 237, Taf. XXIX, Fig. 5 a—d.

Polyparium 8 mm lang, 1.7 mm breit. Proximaler Teil 0.9 mm breit, gerundet. Ventralränder gleichmässig divergierend. Sicula fast 1 mm lang; Virgella etwas mehr als 1/2 mm. Theken 7 auf 5 mm (14 auf 10 mm); sie greifen mit etwa der Hälfte ihrer Länge auf einander über. Der Ventralrand der Theken ist gerade und bildet mit der Längsrichtung des Polypariums einen Winkel von etwa 30°. Der Mündungsrand ist gerade oder schwach konkav und schliesst mit dem Ventralrand einen Winkel von etwa 90° ein. Äussere Ecke der Theka oft scharf zugespitzt.

Wie aus der Beschreibung hervorgeht ist die vorliegende Form sehr klein und unterscheidet sich dadurch sowohl von der Hauptform, als auch von der englischen Varietät, mit der ich sie doch infolge der im übrigen grossen Ähnlichkeit zusammengeführt habe. Die von ELLES & WOOD beschriebene Varietät erreicht eine Länge von 4—6 cm und eine Breite von 2 mm. An einem im geologischen Museum zu Lund vorhandenen Handstück von Hartfell spa kommen neben den grösseren Exemplaren auch zahlreiche kürzere (jüngere) vor, die mit denen von Vasagaard genau übereinstimmen. Wahrscheinlich werden bei näheren Untersuchungen auch an diesem Fundort grössere (völlig ausgewachsene) Exemplare sich auffinden lassen.

Die Form kommt bei Vasagaard im unteren Teil der Zone des *Climacogr. styloideus*, mit *Climacogr. styloideus* LAPW. und *Diplogr. quadrimucronatus* HALL zusammen, vor.

Diplograptus peosta HALL.

Taf. II, Fig. 12—14.

1861. *Graptolithus (Diplograptus) peosta* HALL, S. 17.
1908. *Diplograptus peosta*, RUEDEMANN, S. 372, Taf. 25, Fig. 17.

Das Polyparium erreicht eine Länge von 2 cm, eine Breite von 1.5 mm. Die Breite ist am Proximalende 0.8 mm und wird nach dem distalen Teil zu allmählich grösser. Die Sicula ist ungefähr 1.3 mm lang und hat eine ziemlich weite Mündung. Die Virgella ist kurz und äusserst schmal. Die beiden ersten Theken tragen an der Ventralseite jede einen schmalen, nach aussen gerichteten Stachel. Virgula nicht beobachtet.

Theken 12 auf 10 mm; im Relief erhalten sind sie fast gerade oder schwach wellenförmig und haben eine verhältnismässig schmale Lateralseite und eine bedeutend breitere Ventralseite. Bei gepressten Exemplaren zeigen die Theken immer eine deutliche Mündungseinsenkung, wenn auch nicht so gross wie bei *Amplexograptus*- oder *Climacograptus*-Arten. Die Theken greifen mit $^1/_3$ ihrer Länge auf einander über. Sie zeigen eine äusserst deutliche Querstreifung, die zuweilen auch in anderen Teilen des Polypariums sichtbar ist. Medianseptum nicht beobachtet.

Die Art ist an der Form der Theken und der deutlichen Querstreifung leicht erkennbar.

Diplogr. peosta HALL kommt bei Vasagaard in den Abteilungen i_4 und i_5, mit *Climacogr. styloideus* LAPW., *Climacogr. brevis* E. & W., *Diplogr. truncatus* LAPW. und *Diplogr. calcaratus* LAPW. var. *basilicus* LAPW. zusammen, spärlich vor. Bei Röstånga ist die Art im oberen Teil des mittleren Dicellograptusschiefers neben *Diplogr. calcaratus* var. *basilicus* LAPW. und *Climacogr. brevis* E. & W. gefunden worden. In U. S. A. findet man die Art über und in der Zone mit *Diplogr. quadrimucronatus* HALL und unter der Zone mit *Dicellogr. complanatus* LAPW.

Diplograptus (Mesograptus) compactus LAPW.

Taf. I, Fig. 19—21.

1873. *Diplograptus compactus* LAPW., *nom. nudum* S. 134.
1907. *Diplograptus (Mesograptus) multidens* var. *compactus*, ELLES & WOOD, S. 262, Taf. XXXI, Fig. 10 a—c.

Das Polyparium erreicht eine Länge von 8 cm, die Breite aber übersteigt nicht 3 mm. Das Proximalende ist etwa 1 mm breit; von diesem an erweitert sich das Polyparium gleichmässig und erreicht nach 2 cm seine maximale Breite. Die Sicula ist klein, 1 mm lang, und hat eine kurze Virgella. Medianseptum immer sichtbar und gewöhnlich ziemlich breit. Es hat einen bandförmigen Fortsatz.

Theken 8—10 auf 10 mm. Sie sind im proximalen Teil des Polypariums mit deutlichen Mündungseinsenkungen versehen, die $^1/_3$ der Länge und $^1/_4$ der Breite des Polypariums einnehmen. Im distalen Teil des Polypariums sind sie vom Typus des *Diplograptus* aber ihr Aussehen wechselt je nach der Richtung der Zusammenpressung. Im Biprofil ist der äussere Rand der Theken fast vertikal. Er ist schwach wellenförmig und unter der Mündung ein wenig nach aussen gekrümmt. Der Mündungsrand ist gewöhnlich konvex oder wellig. Thekenstacheln nicht beobachtet, nicht einmal an den beiden ältesten Theken, wo sie bei der englischen Art vorhanden sind.

Die vorliegenden Exemplare scheinen mit den von Grossbritannien beschriebenen gut übereinzustimmen. Wie dort kommt auch auf Bornholm die Form in der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. vor.

Bei Vasagaard findet sich *Diplogr. compactus* Lapw. sehr häufig in dem harten, rauhen Schiefer der Abteilung g neben *Dicranogr. Clingani* Carr, *Corynoides incurvus* n. sp. und anderen.

Diplograptus (Amplexograptus) lacer n. sp.

Taf. I, Fig. 24.

Von dieser Art liegen nur einige, wahrscheinlich unvollständige, Exemplare vor. — Polyparium 2 mm breit; grösste beobachtete Länge 1.5 cm. Vom Proximalende, das 1 mm breit ist, erweitert es sich langsam, so dass die maximale Breite erst am 10. Thekenpaar erreicht wird. Sicula nicht beobachtet; Virgella etwa 0.5 mm lang. Die beiden ältesten Theken haben jede einen nach aussen oder unten gerichteten Mündungsstachel. Virgula fadenförmig, oft mit welligem Verlauf.

Theken 10—12 auf 10 mm. Der äussere Teil des Ventralrands ist gerade und bildet mit der Längsrichtung des Polypariums einen spitzen Winkel. Mündungseinsenkungen ziemlich klein, aber deutlich. Sie nehmen $^1/_4$ der Breite und $^1/_3$—$^2/_5$ der Länge des Polypariums ein. Der Mündungsrand ist gerade oder schwach konkav und bildet mit der Axe des Polypariums einen rechten Winkel. Die Theken greifen mit $^1/_3$ ihrer Länge auf einander über. Sie sind deutlich quergestreift. Die zwei ältesten sind bemerkenswert kurz.

Die hier beschriebene Art ist jüngeren Individuen von *Diplogr. compactus* Lapw. in nicht geringem Grade ähnlich. Sie unterscheidet sich jedoch von diesen dadurch, dass die proximalen Theken ein weniger ausgeprägtes *Climacograptus*-Aussehen haben. Das Polyparium des *Amplexogr. lacer* nimmt auch schneller an Breite zu und ist deutlich quergestreift. Von *Climacogr. pulchellus* n. sp. unterscheidet sich die Art durch ihre grössere Breite und durch die Form und die Länge ihrer Theken. Charakteristisch für *Amplexogr. lacer* sind ferner seine ungewöhnlich kurzen Basaltheken.

Amplexograptus lacer n. sp. kommt bei Vasagaard mit *Climacogr. pulchellus* n. sp., *Dicranogr. Clingani* Carr. und *Corynoides incurvus* n. sp. zusammen vor.

Diplograptus (Amplexograptus) Vasae Tullb.

Taf. I, Fig. 1—12.

1882. *Climacograptus Vasae* Tullberg, S. 20, Note 1.

Tullberg beschreibt diese Art folgendermassen: »Ziemlich gross und schmal, quergestreift. Die untere Seite der Theken ist konkav. Mittlerer basaler Stachel kurz, laterale Stacheln kaum sichtbar».

Tullberg hat diese Art auf Bornholm im Schiefer unter der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. angetroffen, und nach seiner Angabe hat Lapworth sie bei Dobbs Linn in der Zone mit *Climacogr. Wilsoni* Lapw. gefunden.

Das Polyparium kann eine Länge von 5 cm und eine Breite von 2 mm erreichen, wird aber selten mehr als $2^1/_2$ cm lang und 1.8 mm breit. Von dem gerundeten, kaum 1 mm breiten Proximalende an erweitert es sich ziemlich schnell, so dass die maximale Breite nach den ersten 4—5 mm erreicht wird. Die Sicula ist etwa $1^1/_2$ mm lang und hat eine verhältnismässig weite Mündung. Sie ist mit einer schmalen Virgella versehen, die selten 1 mm lang wird. Medianseptum vom dritten Thekenpaar an sichtbar. Die Virgula ist bei gepressten Exemplaren oft wellenförmig gebogen. Das Nema[1] ist fadenschmal, jedoch bisweilen im distalen Teil erweitert, lanzettenförmig.

Auf eine Länge von 10 mm kommen 11—13 Theken, die mit $^1/_3$ ihrer Länge auf einander übergreifen. Sie sind oft mehr oder weniger ausgeprägt vom Typus der Gattung *Climacograptus*. Der Ventralrand ist im distalen Teil der Theken schwach konvex oder ganz gerade und fast parallel der Längsrichtung des Polypariums. Die Einsenkungen über den Mündungen ist bisweilen, wie bei der Gattung *Climacograptus*, scharf markiert, haben aber gewöhnlich einen konkav-konvexen Verlauf. In beiden Fällen nimmt die Einsenkung nicht mehr als $^1/_3$—$^1/_2$ der Länge und $^1/_6$—$^1/_4$ der Breite des Polypariums ein. Der Mündungsrand ist im allgemeinen gerade und winkelrecht zur Axe des Polypariums. Thekenstacheln sind nur bei wenigen Exemplaren an den beiden ältesten Theken beobachtet worden. Sie sind kurz und fein und nach aussen oder etwas abwärts gerichtet.

Amplexograptus Vasae erinnert in hohem Grade an *Amplexograptus arctus* Elles & Wood. Tullbergs Angabe, dass *Amplexogr. Vasae* bei Dobbs Linn gefunden worden sei, beruht wahrscheinlich auf eine Verwechselung, nicht mit *Amplexogr. arctus* E. & W., sondern mit einem Exemplar von *Amplexogr. perexcavatus* Lapw. Diese letztere Art kann nämlich den beiden anderen sehr ähnlich sehen und wird (von E. & W.) eben von der Zone mit *Climacogr. Wilsoni* Lapw. bei Dobbs Linn erwähnt. *Amplexogr. arctus* E. & W. dagegen ist bisher nur vom südlichen Wales bekannt. Von *Amplexogr. Vasae* Tullb. unterscheidet sich *Amplexogr. arctus* E. & W. durch sein grösseres Polyparium, sein runderes Proximalende und seine kleinere Virgella.

[1] Der über den distalen Teil des Polypariums hinausragende Fortsatz der Virgula.

Amplexograptus Vasae Tullb. kommt bei Vasagaard in den Abteilungen c und e vor. Auch am Risebæk trifft man diese Art. Von Röstånga (III: 8) liegen einige Exemplare vor, die zweifelsohne mit dieser Art zu identifizieren sind.

Climacograptus pulchellus n. sp. [1]

Taf. I, Fig. 22 u. 23.

Polyparium 2.5 cm lang, 1.5 cm breit; die maximale Breite wird schon am 4. Thekenpaar erreicht. Proximalende 1 mm breit, gerundet und ohne laterale Stacheln. Virgella kurz; Sicula nicht beobachtet. Virgula fadenförmig, gebogen. Nema sehr schmal, selten lang.

Theken 13—14 auf 10 mm. Äusserer Teil des Ventralrands gerade und parallel der Längsrichtung des Polypariums. Die Mündungseinsenkungen sind sehr deutlich; sie nehmen $^1/_4$ der Breite und $^1/_3$—$^1/_2$ der Länge des Polypariums ein. Gewöhnlich sind die oberen und die inneren Teile der Einsenkungen von den ausgepressten ventralen Seitenpartieen der Theken erfüllt, so dass die Art in hohem Grade an gewisse *Amplexograptus*-Arten erinnert. Der Mündungsrand ist gerade und winkelrecht zum äusseren Teil des Ventralrands.

Diese Art ähnelt ein wenig dem *Diplogr. compactus* Lapw. und dem *Amplexogr. lacer* n. sp., unterscheidet sich aber von diesen durch ein schmäleres Polyparium und dichter gedrängte Theken, wie auch durch die Form dieser letzteren.

Climacograptus pulchellus n. sp. kommt bei Vasagaard (Abt. g) und am Risebæk neben *Dicranogr. Clingani* Carr., *Diplogr. compactus* Lapw. und *Amplexogr. lacer* n. sp. vor.

Die Art ist auch von Jerrestad (Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr.) und von Röstånga (Lok. III: 13 a) bekannt.

Climacograptus rugosus Tullb.

Taf. I, Fig. 13—18.

1882. *Climacograptus rugosus* Tullberg, S. 19, Note 1.

Tullberg beschreibt die Art folgendermassen: »*Cl. rugosus* ist ziemlich klein und ähnelt etwas dem *Cl. Scharenbergi.* Der untere Teil der flaschenförmigen Theken bildet mit dem äusseren Thekenrand einen rechten Winkel; der Mündungsrand ist konkav. Periderm gestreift, runzelig (rugosus); Virgula ausgezogen. Zwei ziemlich lange, weit getrennte, basale Stacheln».

Keine Abbildung ist von Tullberg gegeben.

---

[1] Einige Exemplare dieses Fossils, die im geol. Museum zu Lund vorhanden sind, hat Tullberg etikettiert und mit dem obenerwähnten Namen bezeichnet.

Polyparium selten über 10 mm lang. Die Breite ist konstant und übersteigt gewöhnlich nicht 1 mm. Das Proximalende ist breit; die Virgella ist in der Regel kurz und sehr schmal. Sicula 1.5 mm lang. Medianseptum auf der obversen Seite von der Sicula an, auf der reversen Seite vom dritten Thekenpaar an sichtbar. Virgula distal zu einem schmalen Nema ausgezogen.

Theken 14—16 auf 10 mm. Sie greifen mit $^{1}/_{3}$ ihrer Länge auf einander über. Der Ventralrand ist meistens stark nach innen gebogen wie gewöhnlich bei der Gattung *Climacograptus*[1]. Die Mündungseinsenkungen nehmen die Hälfte der Länge und etwa $^{1}/_{3}$ der Breite des Polypariums ein. Der Mündungsrand ist gerade und beinahe winkelrecht zur Längsrichtung des Polypariums. Jede der beiden ältesten Theken tragen unter der Mündung einen nach aussen gerichteten, etwa 1 mm langen Stachel. Diese Stacheln lassen das Proximalende noch stumpfer erscheinen.

Climacogr. rugosus Tullb. ist an seiner geringen Grösse und der Form des Proximalendes leicht erkennbar. Bei Vasagaard findet man ihn sehr spärlich in den ältesten zugänglichen Schichten. Die hier eingesammelten Exemplare stimmen mit denen aus Fågelsång gut überein. Von diesem letzteren Fundort liegen auch Exemplare vor, deren Länge 20 mm übersteigt.

Climacograptus Scharenbergi Lapw.

Taf. II, Fig. 15.

1876. *Climacograptus Scharenbergi* Lapworth, Taf. II, Fig. 55.
1913. *Climacograptus Scharenbergi*, Hadding, Taf. III, Fig. 20—27.

Von dieser Art liegen von Vasagaard nur wenige Exemplare vor, die sämtlich schiefgepresst und nicht besonders gut erhalten sind. Indessen ist die Bestimmung zweifelsohne richtig. Die Exemplare sind, wie in gewissen Teilen des unteren Dicellograptusschiefers bei Fågelsång, ziemlich klein. Die charakteristische, zickzackförmige Längsfurche ist nur stellenweise sichtbar. Die Theken haben die für die Art typische Form.

Climacogr. Scharenbergi Lapw. findet sich bei Vasagaard in den untersten zugänglichen Schichten (Abt. b). Er wird von *Modiolopsis? plana* Hdg und *Euomphalus bullæformis* n. sp. begleitet.

---

[1] Exemplare, die Theken vom Typus *Diplograptus (Orthograptus)* aufweisen, finden sich aber gar nicht selten und diese Art sollte vielleicht deshalb zur Gattung *Amplexograptus* gerechnet werden. Indessen ist der distale Teil des Ventralrands der Theken vertikal und fällt mit dem des Polypariums zusammen, weshalb diese Art nicht ohne Grund zur Gattung *Climacograptus* gezählt werden kann.

Climacograptus styloideus Lapw.

Taf. II, Fig. 20—27.

1878. *Climacograptus styloideus* Lapworth, S. 330.

1906. *Climacograptus styloideus,* Elles & Wood, S. 205, Taf. XXVII, Fig. 9 a—e.

Das Polyparium erreicht eine Länge von 4.5 mm, eine Breite von 1.8 mm. Das Proximalende ist gerundet, etwa 0.7 mm breit. In den 5 ersten Millimetern nimmt das Polyparium verhältnismässig schnell an Breite zu, in den nächstfolgenden sehr langsam. Die maximale Breite wird ungefähr 10 mm vom Proximalende erreicht. Sicula nicht beobachtet. Die Virgella ist 1.5—2 mm lang; an der Basis ist sie verhältnismässig dick, wird aber dann schnell dünner. In der Regel ist sie abgebrochen.

Das Nema ist verhältnismässig schmal und an seinem Distalende mit einer dünnen, plattenförmigen Erweiterung versehen. Dieser Teil fehlt indessen bei den meisten Exemplaren, wahrscheinlich weil das Nema abgebrochen worden ist.

Theken etwa 9 auf 10 mm. Der Mündungsrand ist etwas nach innen, nach der Axe des Polypariums, gerichtet. Die Mündungseinsenkung nimmt etwa $^1/_3$—$^1/_4$ der Breite und $^1/_4$ der Länge des Polypariums ein. Bei scalariförmig zusammengepressten Exemplaren nimmt die Mündung $^1/_2$ der Breite des Polypariums ein. Auf diese Weise erhaltene Exemplare zeigen bisweilen an der Ventralseite der Theken eine äusserst schwache Streifung, welche der bei *Climacogr. putillus* Hall vorhandenen ähnlich sieht.

Die vorliegende Form unterscheidet sich von der englischen durch ihre geringere Grösse, im übrigen aber scheinen die beiden Formen gut übereinzustimmen.

Climacogr. styloideus Lapw. findet sich bei Vasagaard in den Abteilungen i_5 (spärlich), i_4 (ziemlich häufig), i_3, i_2 und i_1 (reichlich) und in i_0 (ziemlich spärlich).

Climacograptus brevis E. & W.

Taf. II, Fig. 16—18.

1906. *Climacograptus brevis* Elles & Wood, S. 192, Taf. XXVII, Fig. 2 a—f.

Polyparium 10—20 mm lang und 0.8 mm breit. Der spitze Proximalteil erweitert sich schnell und schon 1—2 mm von der Mündung der Sicula dürfte das Polyparium seine volle Breite erreicht haben. Sicula nicht beobachtet. Virgella etwa 0.2 mm lang; Medianseptum vom zweiten od. dritten Thekenpaar an sichtbar; Nema fadenförmig.

Theken 9—11 auf eine Länge von 10 mm; sie sind deutlich alternierend. Sie greifen mit $^1/_2$—$^1/_3$ ihrer Länge auf einander über. Äusserer Teil des Ventralrands schwach konvex. Mündungsrand gerade; die Mündung ist etwas nach innen gerichtet und nimmt $^1/_4$—$^1/_3$ der Breite des Polypariums ein.

Der Ventralrand der Theken ist an einigen Exemplaren scharf umgebogen, an anderen verläuft er in einem regelmässigen Bogen. Höchst wahrscheinlich haben

die Theken in vollem Relief immer diese letzte Form gehabt, und die scharfe Umbiegung ist bei der Zusammenpressung des Polypariums entstanden.

Unsre Form scheint mit der englischen gut übereinzustimmen. Wie diese unterscheidet sie sich von allen anderen *Climacograptus*-Arten durch ihr kurzes, durchweg gleich breites und besonders schmales Polyparium und ihre im Verhältnis zur Breite ungewöhnlich langen Theken.

Climacogr. brevis E. & W. kommt bei Vasagaard im mitleren Teil der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. (Abt. f) und in der Zone mit *Climacogr. styloideus* Lapw. (Abt. i_3—i_4) vor.

Climacograptus concinnus n. sp.

Taf. II, Fig. 19.

Polyparium klein, 5 mm lang und 1 mm breit. Schon sein Proximalende zeigt diese Breite und seine Ventralränder laufen deshalb ihrer ganzen Länge nach parallel. Der proximale Teil ist gerundet aber etwas stumpf. Sicula nicht beobachtet; Virgella sehr kurz. Thekenstacheln fehlen.

Theken 20 auf 10 mm (10 auf 5 mm) mit vertikalem äusserem Ventralrand. Dieser geht allmählich in den proximalen Teil des Ventralrands über. Die Mündungseinsenkungen nehmen etwa $1/3$ der Länge und $1/4$ der Breite des Polypariums ein. Der Mündungsrand ist gerade und horizontal.

Die Art ist an ihrer geringen Grösse, ihrem gleichbreiten Polyparium und ihren dicht sitzenden Theken leicht erkennbar.

Climacogr. concinnus ist am Risebæk nur in einem Exemplar mit *Corynoides incurvus* n. sp. (Zone m. *Dicranogr. Clingani* Carr.) zusammen gefunden.

Dicranograptus Clingani Carr.

Taf. III, Fig. 1—8.

1868. *Dicranograptus Clingani* Carruthers, S. 132, Taf. V, Fig. 6 a—c.
1904. *Dicranograptus Clingani*, Elles & Wood, S. 165, Taf. XXIV, Fig. 1 a—i.

Der Stamm des Polypariums erreicht eine Länge von etwa 3 mm und hat auf jeder Seite 3 Theken. Seine Breite ist kaum 1 mm. Die Zweige sind gerade oder schwach nach aussen gebogen. Sie sind fast immer gewunden, so dass sie im distalen Teil ihre Mündungsseite nach innen wenden. Axillarwinkel etwa 35°. Die Zweige erreichen eine Länge von 4 cm, die Breite übersteigt selten 1 mm; Virgella sehr kurz. Thekenstacheln fehlen.

Theken 9—10 auf 10 mm. Äusserer Teil des Ventralrands gerade, mit einer verhältnismässig seichten, aber markierten Mündungseinsenkung. Der Mündungsrand ist gerade und steht winkelrecht zum Ventralrand.

Die vorliegende Bornholmer Form unterscheidet sich von der englischen durch ihren kürzeren Stamm und ihre oft etwas gebogenen Zweige. Die bei Jerrestad auf-

tretende Form nimmt eine Zwischenstellung ein, insofern sie ganz gerade Zweige hat. Bei der englischen Form zählt der Stamm auf jeder Seite 4—6 Theken, bei der Jerrestad-Form 3—4 und bei der Bornholmer Form 3. Übrigens sind sämtliche an der Form der Theken leicht erkennbar.

Dicranogr. Clingani CARR. kommt bei Vasagaard in der nach ihm benannten Zone (Abt. e_2—g) vor.

Dicellograptus Forchhammeri GEIN.

Taf. III, Fig. 9 u. 10.

1852. *Cladograptus Forchhammeri* GEINITZ, S. 31, Taf. V, Fig. 28—31.
1903. *Dicellograptus Forchhammeri*, ELLES & WOOD, S. 150, Taf. XXII, Fig. 1 a—d.

Die Zweige erreichen eine Länge von mehr als 8 cm. Im proximalen Teil messen sie 0.5 mm in der Breite und erweitern sich allmählich zu einer Breite von etwa 0.8 mm. Sie sind schwach gebogen, nicht selten fast gerade. Sie schliessen zwischen ihren Dorsalrändern einen Winkel von 90^0—120^0 ein. Der proximale Teil ist gerundet und sehr breit; die ersten Theken liegen fast in gerader Linie.

Sicula in der Mitte des Axillarfeldes, etwa 1 mm lang aber gewöhnlich abgebrochen. Virgella und Thekenstacheln nicht beobachtet.

Theken 8—10 auf 10 mm. Sie greifen mit mehr als der Hälfte ihrer Länge auf einander über. Der äussere Teil des Ventralrands gewöhnlich schwach konkav-konvex. Mündungseinsenkung unerheblich und in der Regel von der nächst älteren Theka ausgefüllt. Der Mündungsteil nach innen gebogen; die Mündung ist nach der Dorsalseite der Zweige gewendet.

Die Art findet sich bei Vasagaard in der Zone mit *Dicranogr. Clingani* CARR. (Abt. g) zusammen mit *Diplogr. calcaratus* LAPW. var. *robustus* n. sp., und in der Zone mit *Climacogr. styloideus* LAPW. (Abt. i_0) zusammen mit dem Leitfossil, *Dicellogr. pumilis* LAPW., *Diplogr. truncatus* LAPW. var. *pauperatus* LAPW. und *Diplogr. quadrimucronatus* HALL. In Schonen ist die Art bei Tosterup und Jerrestad angetroffen, an diesem letzteren Ort über den Schiefern mit *Dicranogr. Clingani* CARR. neben *Diplogr. calcaratus* LAPW. var. *pauperatus* LAPW., *Diplogr. quadrimucronatus* HALL und *Leptogr. flaccidus* HALL. Die Art ist nicht von Fågelsång oder Röstånga bekannt.

Dicellograptus pumilus LAPW.

Taf. III, Fig. 11.

1876. *Dicellograptus pumilus* LAPWORTH, Taf. IV, Fig. 81.
1903. *Dicellograptus pumilus*, ELLES & WOOD, S. 149, Taf. XXI, Fig. 3 a—f.

Die Zweige können eine Länge von 2 cm erreichen, aber gewöhnlich sind sie viel kleiner (kürzer). Die Breite beträgt etwa $^1/_2$ mm, und ist für die ganze Länge der Zweige konstant.

Der Axillarwinkel ist geringer als 40°. Proximaler Teil ziemlich breit, mit den zwei ersten Theken in gerader Linie. Die Sicula ist etwa 1 1/2 mm lang und in der Mitte des Axillarfeldes gelegen. Virgella sehr klein oder gar nicht vorhanden. Jede der beiden ersten Theken zeigt bisweilen einen schief abwärts gerichteten Stachel.

Theken 10—12 auf 10 mm; sie greifen mit weniger als der Hälfte ihrer Länge auf einander über. Der äussere Teil des Ventralrands ist wellenförmig gekrümmt; Mündungseinsenkung scharf markiert; Mündungsteil nach innen gebogen.

Diese Art kommt bei Vasagaard in den Abteilungen g und i_0, d. h. in dem obersten Teil der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. und dem untersten Teil der Zone mit *Climacogr. styloideus* Lapw., vor. Bei Jerrestad findet sich die Art im Schiefer mit *Dicellogr. Forchhammeri* Gein. neben *Diplogr. truncatus* Lapw. u. a.

Dicellograptus Johnstrupi n. sp.

Taf. III, Fig. 12—18.

1882. *Dicellograptus Morrisi* Hopk., Tullberg, S. 9.

Die Zweige erreichen eine Länge von 10 cm. Im proximalen Teil sind sie kaum 1/2 mm breit, erweitern sich aber dann schnell zu einer maximalen Breite von 1.2 mm. Sie sind ziemlich gerade, oder, wenn sie zugleich gewunden sind, etwas gegen einander gebogen. Der proximale Teil ist breit gerundet. Die beiden ältesten Theken liegen ungefähr in gerader Linie. Sicula lang (> 2 mm), sehr schmal, gewöhnlich abgebrochen und nur bei einzelnen jungen Individuen erhalten. Sie ist in der Mitte des Axillarfeldes gelegen. Virgella und Thekenstacheln nur an einigen Exemplaren beobachtet. Im Axillarfeld kann man gewöhnlich eine schmale Membrane wahrnehmen, die sich längs den Dorsalrändern der Zweige bis an die 5. Theka erstreckt.

Auf eine Länge von 10 mm kommen 9—10 Theken. Sie greifen mit etwa der Hälfte ihrer Länge auf einander über. Der äussere Teil des Ventralrands ist wellenförmig, bei den distalen Theken jedoch öfters gänzlich konvex. Die Mündungseinsenkung ist deutlich und nimmt 1/4—1/3 der Zweigbreite ein. Mündungsteil stark nach innen gekrümmt.

Dicellogr. Johnstrupi unterscheidet sich von *Dicellogr. Morrisi* Hopk. durch sein erheblich breiteres Axillarfeld (siehe Taf. III, Fig. 18 b und 19) und seine geraderen oder gegen einander mehr geneigten Zweige. Von *Dicellogr. Moffatensis* Carr. lässt sich die Art durch die Form und die geringere Breite der Zweige unterscheiden.

Die hier beschriebene Art findet sich bei Vasagaard im obersten Teil der Zone mit *Climacogr. styloideus* Lapw. (Abt. i_5) zusammen mit *Diplogr. peosta* Hall und *Diplogr. calcaratus* Lapw. var. *basilicus* Lapw. Am Risebæk kommt sie neben *Diplogr. truncatus* Lapw. var. *pauperatus* Lapw. besonders reichlich vor.

Leptograptus flaccidus Hall var. macer E. & W.

Taf. III, Fig. 20—23.

1903. *Leptograptus flaccidus* var. *macer* Elles & Wood, S. 110, Taf. XV, Fig. 2 a—i.

Von dieser Form liegen nur Bruchstücke vor, weshalb ich die Grösse nicht bestimmen konnte. Zusammen bilden die Zweige einen weiten Bogen mit den Thekenmündungen auf der konvexen Seite. Die Breite des proximalen Teils ist etwa $^1/_4$ mm, die des distalen höchstens $^2/_3$ mm. Sicula schmal, etwa 2 mm lang.

Theken etwa 10 auf 10 mm. Im distalen Teil der Zweige greifen sie mit ungefähr der Hälfte ihrer Länge, im proximalen Teil nur wenig auf einander über. Die Mündung, die winkelrecht zur Längsrichtung des Zweiges steht, nimmt kaum die Hälfte der Zweigbreite ein.

Vorliegende Varietät unterscheidet sich von der Hauptform vor allem durch ihre schmäleren Zweige.

In Schottland kommt *Leptogr. flaccidus* var. *macer* E. & W. in der Zone mit *Pleurogr. linearis* Carr. zusammen mit der Hauptform vor. Bei Vasagaard tritt er im mittleren Teil der Zone mit *Climacogr. styloideus* Lapw. (Abt. i_1—i_3) unmittelbar unter der Schicht mit *Diplogr. truncatus* Lapw. auf. In demselben Horizont kommt die Art bei Jerrestad vor. An beiden Fundorten ist sie von *Diplogr. calcaratus* Lapw. var. *basilicus* Lapw. begleitet. Bei Röstånga ist die Form in der Lokalität III: 8 mit *Amplexogr. Vasae* Tullb. zusammen gefunden worden.

Bei Fågelsång (Lok. E 13 b) habe ich einige Exemplare von dieser Art gefunden. Wegen ihrer breiteren Zweige sind sie aber vielleicht zur Hauptform zu rechnen. Sie kommen zusammen mit *Climacogr.* cfr. *antiquus* Lapw. vor.

Corynoides incurvus n. sp.

Tafel III, Fig. 24—27 (u. 30—32?).

Polyparium 6—7 mm lang und höchstens 0.8 mm breit. Bei ausgewachsenen Exemplaren besteht es aus vier beinahe parallelen, konischen Röhren, von denen eine als Sicula anzusehen ist. Bei jungen Individuen besteht es aus nur einer Röhre, der Sicula. Diese ist von spitzer Kegelform und schwach gebogen. Von ihrem proximalen Teil wachsen die übrigen Röhren (Theken), die eine nach der anderen, hervor. Exemplare sind vorhanden, die alle Entwicklungsstufen zeigen. Die Spitze der Sicula ragt etwas unter dem Proximalende der Theken hervor und geht zuweilen in ein feines Nema über.

Der Mündungsteil der Theken ist zu ein oder zwei Läppchen ausgezogen. Die Mündungen sind nach aussen gerichtet.

Corynoides incurvus unterscheidet sich sehr wesentlich von *Corynoides calicularis* Nich. Letztere Art hat nämlich eine kurze Sicula, die mit den Theken einen Winkel von 50° bildet. Ausserdem ist ihr Polyparium breiter und länger. Unsre Art

scheint dagegen dem *Corynoides curtus* Lapw. ziemlich nahe verwandt zu sein. Besonders lassen die von Ruedemann beschriebenen Exemplaren aus dem Utica Slate eine grosse Ähnlichkeit mit denen aus Bornholm erkennen. Von einer Identifizierung kann jedoch nicht die Rede sein, weil die metatypischen Exemplare aus den Hartfell Shales, die mir zur Verfügung standen, ein erheblich schmäleres, längeres und weniger gebogenes Polyparium aufweisen.

Die Art kommt bei Vasagaard (Abt. e—g) und am Risebæk in der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. reichlich vor.

Corynoides curtus Lapw.

Taf. III, Fig. 28 u. 29.

1876. *Corynoides curtus* Lapworth, S. 7, Taf. 4, Fig. 92.
Non 1908. *Corynoides curtus* Ruedemann, S. 240, Taf. 13, Fig. 17—21.

Polyparium gerade oder schwach gebogen, schlank, etwa 8 mm lang. Es besteht aus wenigen (4?), ihrer ganzen Länge nach zusammengewachsenen, röhrenförmigen Theken. Diese sind im Mündungsteil mit schmalen, stachelähnlichen Läppchen versehen.

Die Exemplare von Vasagaard stimmen gut überein mit einigen aus Hartfell stammenden, von Lapworth bestimmten, die mir bei meiner Untersuchung zugänglich waren. Dagegen zeigen sie mit der von Ruedemann beschriebenen Form geringe Ähnlichkeit. (Siehe *Corynoides incurvus* n. sp.)

Von *Corynoides incurvus* n. sp. unterscheidet sich diese Art durch schlankere Form, regelmässigeren Umriss und schmälere Mündungslappen.

Die Art kommt bei Vasagaard und am Risebæk in der Zone mit *Amplexogr. Vasae* Tullb. und spärlich in der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. vor. Bei Jerrestad findet man sie in der letzterwähnten Zone.

Lamellibranchiata.

Nucula elliptica n. sp.

Taf. IV, Fig. 1—3.

Form fast elliptisch. Schale stark gewölbt. Wirbel nahe vor der Mitte, gerundet, etwas nach vorne gerichtet. Die Schale zeigt eine feine konzentrische Streifung mit eingeschalteten, tiefen Furchen. Der äussere Rand ist oft flach und bildet zuweilen eine deutliche Randleiste.

Diese Art erinnert etwas an *Nucula subrotunda* Barr. (Band VI, Taf. 274, Fig. VI, 1—3), aber jede Verwechslung der beiden Arten ist ausgeschlossen.

Nucula elliptica kommt bei Hullegaard neben *Corynoides incurvus* n. sp. im unteren Teil der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. ziemlich häufig vor.

Nucula? reticulata n. sp.

Taf. IV, Fig. 4.

Form unregelmässig oval. Schale ziemlich stark gewölbt. Die Länge verhält sich zur Höhe wie 4 : 3. Wirbel nahe vor der Mitte. Radiale sowie konzentrische Streifung deutlich aber sehr fein. Infolge dieser dobbelten Streifung zeigt die Oberfläche der Schale eine netzförmige Verzierung.

Von dieser Art liegt nur ein Exemplar vom Risebæk vor. Es wurde mit *Corynoides incurvus* n. sp. und *Anatifopsis? elongatus* Hdg zusammen gefunden.

Modiolopsis? plana Hdg.

Taf. IV, Fig. 5.

1913. *Modiolopsis plana* Hadding, S. 61, Taf. IV, Fig. 30.

Diese Art ist ungefähr folgendermassen beschrieben worden: »Form oval, Schale ziemlich flach, am vorderen Ende unerheblich höher als am hinteren. Wirbel niedrig, nach vorne gerichtet, nahe dem vorderen Ende gelegen. Die Schale zeigt eine gleichmässige und feine konzentrische Streifung. Einige gröbere Furchen deuten einen Stillstand im Wachstum an.»

Aus Bornholm liegen nur einige Bruchstücke von Steinkernen vor, die jedoch mit den aus Schonen bekannten nahe übereinstimmen. Die Schale misst etwa 10 mm in der Länge und 6 mm in der Höhe.

Modiolopsis? plana Hdg kommt bei Vasagaard und am Risebæk in den Zonen mit *Climacogr. rugosus* Tullb. und mit *Amplexogr. Vasae* Tullb. vor. Bei Röstånga findet sich die Art spärlich in der Zone mit *Nemacogr. gracilis* Hall, aber reichlich im überliegenden Schiefer.

Gastropoda.

Euomphalus bullæformis n. sp.

Taf. IV, Fig. 6 u. 7.

Schale niedrig kegelförmig, fast scheibenförmig, aus 3—4 Windungen bestehend, gewöhnlich stark zusammengepresst. Windungen mit einem sowohl an Apex- als an Nabelseite schwach angedeuteten Kiel. Längsstreifung fehlt. Querstreifung fein, dicht. Streifen ungefähr winkelrecht zum Aussenrand, schwach gebogen. Nabel sehr weit. Aussenrand wahrscheinlich mit einem schmalen Schlitzband oberhalb der Naht.

Die Schale erreicht mit 3 Windungen eine Länge von 1 mm und einen Diameter von 12 mm. Der grösste beobachtete Diameter beträgt 15 mm.

Euomphalus bullæformis ist bei Vasagaard und am Risebæk nur in der Zone mit *Climacogr. rugosus* Tullb. gefunden.

Bellerophon sp.

Taf. IV, Fig. 8.

Am Risebæk hat man in der Zone mit *Amplexogr. Vasae* TULLB. ein Bruchstück eines *Bellerophon* angetroffen. Die Schale ist sehr schlecht erhalten und die einzige daran wahrnehmbare Verzierung besteht aus feinen Zuwachsstreifen, die parallel dem Mündungsrand laufen.

Brachiopoda.

Lingula dicellograptorum HDG var. **pulla** n. var.

Taf. IV, Fig. 11—13.

Schale dünn und wenig gewölbt, oval mit der grössten Breite gleich hinter der Mitte. Die konzentrischen Zuwachslinien fein, aber deutlich. Ventralschale und Dorsalschale scheinen gleich zu sein, vielleicht hat jene jedoch einen etwas höheren Wirbel als diese. Länge 2.5—4 mm, Breite 2—3 mm. Die Bornholmer Form unterscheidet sich in keiner Weise von den aus dem mittleren Dicellograptusschiefer Schonens vorliegenden Exemplaren, von der im unteren Dicellograptusschiefer Schonens vorkommenden Hauptform dagegen durch ihre ausgeprägt ovale Form. Da indessen Übergänge zwischen diesen beiden Formen, die eine mit elliptischen, die andere mit ovalen Schalen, nicht fehlen, habe ich sie, ungeachtet ihrer verschiedenen vertikalen Verbreitung, nicht in zwei Arten unterscheiden wollen.

Lingula dicellograptorum var. *pulla* findet sich bei Vasagaard und am Risebæk in sämtlichen hier besprochenen Zonen.

Lingula magna n. sp.

Taf. IV, Fig. 9 u. 10.

Schale dünn, schwach gewölbt, oval mit der grössten Breite gleich vor der Mitte. Seitenränder immer gebogen, Vorderrand bisweilen teilweise gerade, aber gewöhnlich seiner ganzen Länge nach gebogen. Die konzentrischen Zuwachslinien immer deutlich. In der Regel kann man an den Schalen auch eine feine Radialstreifung beobachten. Beide Schalen ungefähr gleich; die Ventralschale ist jedoch etwas höher und am hinteren Ende weniger abgerundet als die Dorsalschale. Länge 4—8 mm, Breite 3—6 mm.

Diese Art ähnelt in hohem Grade *Lingula Leiskowiensis* BARR. (BARRANDE: Band V, Taf. 103, II). Diese letztere Art zeigt jedoch eine etwas deutlichere Radialstreifung und ist ausserdem nur aus jüngeren Schichten (d_5—e_2) bekannt. Unsre Art erinnert auch einigermassen an *Lingula obtusa* HALL (vgl. DAVIDSON, S. 52, Taf. III, Fig. 31—32), ist aber verhältnismässig schmäler.

Lingula magna kommt bei Vasagaard und Hullegaard in der Zone mit *Amplexogr. Vasae* TULLB. und in der Zone mit *Dicranogr. Clingani* CARR. spärlich vor-

Bei Röstånga ist die Art im Schiefer über der Zone mit *Nemagr. gracilis* Hall angetroffen worden.

Obolus celsus n. sp.

Taf. IV, Fig. 14—18.

Schale kreisförmig oder elliptisch mit dem hinteren Teil stumpf dreieckig. Die Breite an oder gleich vor der Mitte am grössten. Beide Schalen sind kräftig gewölbt, die Ventralschale jedoch am meisten. Die Dorsalschale ist oft plattgedrückt und wahrscheinlich etwas dünner als die Ventralschale.

Die Ventralschale nicht gerippt, aber mit einem feinen Netz von radialen und konzentrischen Linien verziert. Der äussere Rand ist nicht selten flach und verläuft dann als eine vom Vorderrand nach dem Wirbel zu sich verschmälernde Leiste. Die Innenseite der Schale zeigt eine seichte Einsenkung (s. Taf. 4, Fig. 18). In der Mitte der Einsenkung bemerkt man einen niedrigen, aber immer deutlichen Kiel.

Die Dorsalschale hat im ganzen dieselbe Form wie die Ventralschale, ist aber vielleicht im hinteren Teil etwas breiter. Zusammengepresste Schalen, die, wie schon erwähnt, gar nicht selten sind, sind breiter und fast kreisförmig. Der Wirbel ragt oft etwas über die Bogenlinie des Hinterrands heraus. Die Schale ist gewöhnlich mit flachen, radialen Falten versehen. Die Zahl der Falten wechselt, Schalen mit 8—10 Falten sind aber am häufigsten. Die konzentrischen Zuwachsstreifen sind an beiden Schalen deutlich, aber an der Dorsalschale vielleicht am besten markiert. Auch an dieser Schale lässt sich eine flache Randleiste nachweisen. Die Länge der Schalen beträgt 2—3.5 mm, die Breite 1.8—3.2 mm.

Obolus celsus erinnert in hohem Grade an *Obolus elatus* Hdg, unterscheidet sich aber von dieser Art durch seine rundere Form und seine Grösse. Auch die innere Skulptur der Ventralschalen sind bei den zwei Arten verschieden.

Obolus celsus kommt bei Vasagaard in sämtlichen fossilienführenden Abteilungen des mittleren Dicellograptusschiefers vor.

Obolus? rugosus n. sp.

Taf. IV, Fig. 19 u. 20.

Schale dünn, gerundet dreieckig, mit der grössten Breite nahe dem Vorderrand. Sie ist ziemlich schwach gewölbt und oft plattgedrückt. Die konzentrischen Zuwachsstreifen sind immer sehr deutlich. Die Schale ist übrigens selten völlig glatt, sondern meistens schwach runzelig. An einzelnen Exemplaren ist sie mit kurzen, radialen Erhöhungen oder zusammenhängenden Radialrippen versehen. Ventral- und Dorsalschale gleich. Innenseite nicht bekannt.

Obolus? rugosus kommt bei Vasagaard, Hullegaard und am Risebæk in den Zonen mit *Climacogr. rugosus* Tullb. und mit *Amplexogr. Vasae* Tullb. und im untersten Teil der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. ziemlich häufig vor. Diese Art ist nicht aus Schonen bekannt.

Discina Portlocki Geinitz.

Taf. IV, Fig. 21 u. 22.

1852. *Orbicula* (*Orthis*) *Portlocki* Geinitz, S. 25, Taf. I, Fig. 31 (u. 32?).
1890. *Discina Portlocki* Geinitz, S. 27.

Schalen schwach elliptisch oder etwas oval mit der grössten Breite im hinteren Teil. Sie sind sehr dünn, aber in der Regel gut erhalten. Die konzentrischen Zuwachsstreifen sind immer sehr deutlich. Die Randzone der Schalen besteht aus einer deutlich markierten, flachen Leiste. Der hintere Teil der Ventralschale fällt gegen die Randleiste ziemlich steil ab. Der Wirbel (Apex) nahe dem Hinterrand gelegen. Die Innenseite der Schale hat in der Mitte einen niedrigen Kiel. Dorsalschale schwach gebuchtet. Wirbel etwa in der Mitte zwischen Zentrum und Hinterrand. An der Innenseite der Schale sind einige schwache Furchen sichtbar, die vom Wirbel nach dem Vorderrand zu divergieren. Stielfurche besonders an der Randleiste sehr deutlich.

Discina Portlocki Geinitz ist im ganzen mittleren Dicellograptusschiefer sehr häufig und kommt auf Bornholm bei Vasagaard, Hullegaard und am Risebæk und in Schonen bei Jerrestad, Tosterup, Fågelsång und Röstånga vor.

Acrotreta nana Hdg.

Taf. IV, Fig. 23 u. 24.

1913. *Acrotreta nana* Hadding, S. 61, Taf. V, Fig. 20—23.

Ventralschale hoch, Umriss fast kreisförmig. Der spitze Wirbel (Apex) zwischen dem Hinterrand und der Mitte, zuweilen gleich an jenem gelegen. Zwei vom Wirbel nach dem Hinterrand zu divergierende Furchen begrenzen eine stark gebuchtete, falsche Area. Dorsalschale niedrig, kreisförmig oder am Hinterrand einen stumpfen Winkel bildend. An der Innenseite hat sie in der Mitte einen deutlichen Kiel, der an der Oberfläche als eine tiefe Furche sichtbar ist. Die Schalen sind glatt und glänzend und zeigen deutliche, konzentrische Zuwachsstreifen.

Diese Art kommt bei Vasagaard in den Zonen mit *Amplexogr. Vasae* Tullb. und *Dicranogr. Clingani* Carr. vor. Bei Röstånga und Fågelsång trifft man sie hauptsächlich im unteren Dicellograptusschiefer an.

Acrotreta dubia Hdg.

Taf. IV, Fig. 25 u. 26.

1913. *Acrotreta dubia* Hadding, S. 61, Taf. V, Fig. 24—26.

Beide Schalen oval, mit der grössten Breite etwas hinter der Mitte. Ventralschale hoch; Wirbel in der Mitte zwischen dem Zentrum und dem Hinterrand. Der hintere Teil der Schale ist ziemlich flach und bildet eine falsche Area. Die beiden vom Wirbel nach dem Hinterrand zu divergierenden Furchen sind tief und

breit. Dorsalschale niedrig, mit fast geradem Hinterrand. Der Kiel in der Mitte ihrer Innenseite ist niedrig und scheint etwas versenkt zu sein. Die Furche an der Oberfläche der Schale ist immer sehr deutlich.

Diese Art kommt bei Vasagaard in der Zone mit *Climacogr. styloideus* Lapw. vor. Bei Jerrestad und Röstånga findet man sie in der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. und am letzteren Fundort ausserdem in den nächst älteren Schichten bis in die Zone mit *Nemagr. gracilis* Hall hinab.

Leptæna sp.

Am Risebæk sind in der Zone mit *Amplexogr. Vasae* Tullb. einige Bruchstücke einer *Leptæna*-Art aufgefunden worden, die der *Leptæna sericea* Sow. var. *restricta* Hdg ähnlich sieht. Wahrscheinlich gehören die vorliegenden Bruchstücke zur letzterwähnten Art, die bei Röstånga, wie auch bei Fågelsång und Jerrestad, in entsprechenden Horizonten reichlich vorkommt.

Orthis argentea His.

Von dieser Art sind nur einige Bruchstücke vorhanden, an denen man nur wenige Kennzeichen bemerken kann.

Schlossrand gerade. Schale dick, weiss, mit körniger Struktur. Radiale Rippen grob. Die grösste Breite gleich vor dem Hinterrand. Ventralschale stark gewölbt, nach dem Vorderrand zu etwas abgeplattet. Schloss mit zwei Zähnen. Dorsalschale schwach konkav, fast flach.

Die vorliegenden Bruchstücke sind bei Vasagaard in der Zone mit *Amplexogr. Vasae* Tullb. und bei Hullegaard im unteren Teil der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. gesammelt worden.

Phyllocarida.

Anatifopsis? elongatus Hdg.

Taf. IV, Fig. 27.

1913. *Anatifopsis elongatus* Hadding, S. 67, Taf. IV, Fig. 34.

Ausser den ziemlich reichlich vorkommenden, bisher als *Anatifopsis*-Arten beschriebenen, einzelnen Schalen wurden am Risebæk in der Zone mit *Amplexogr. Vasae* Tullb. auch acht zusammenhängende Schalen angetroffen. Diese sind von verschiedener Form, aber sind unter sich so angeordnet, dass sie einen gegliederten Körper haben bilden müssen. Ob dieser als das Abdomen eines Phyllocariden zu betrachten ist, oder ob er zu einer anderen Tiergruppe gehört, kann ich vorläufig nicht entscheiden.

Stratigraphie.

Die bisherige Auffassung der ordovicischen oder untersilurischen Graptolithenschiefer gründet sich auf die von TULLBERG über diese Bildungen gelieferten Angaben, die ich in der geschichtlichen Übersicht näher besprochen habe. Durch die jetzt vorgenommene Untersuchung ist diese ältere Auffassung nicht widerlegt, sondern nur in gewissen Fällen berichtigt worden. Wie gesagt unterscheidet TULLBERG auf Bornholm folgende Zonen:

Zone mit *Climacograptus styloideus* LAPW. (zu oberst)[1]
» » *Dicranograptus Clingani* CARR.
» » *Climacograptus Vasae* TULLB.
Fossilienfreie Schiefer (zu unterst).

Wie geeignet diese Zoneneinteilung in Bezug auf Bornholm ist, fällt gleich bei der Feststellung der vertikalen Verbreitung der obigen Leitfossilien auf. Diese ergibt nämlich, dass *Climacogr. styloideus* LAPW. bei Vasagaard in den Abteilungen i_0—i_5 vorkommt. Da ausserdem diese Art das charakteristischste und häufigste Fossil dieser Schichten ist, hätte überhaupt kein besseres Leitfossil gewählt werden können. Das gilt in gewissem Grade auch für *Dicranogr. Clingani* CARR. und sein Vorkommen in den Abteilungen e_2—g. Es war demnach sehr leicht zu entscheiden, welche der bei Vasagaard entblössten Abteilungen zu der einen oder der anderen der beiden genannten Zonen gerechnet werden sollten. Schwieriger war es, TULLBERG's Zone mit *Climacogr. Vasae* TULLB. zu bestimmen, namentlich weil das Leitfossil nicht bekannt war. Übrigens konnte ich das Fossil nur dank der Angabe TULLBERG's, dass es unter der Zone mit *Dicranogr. Clingani* CARR. und von keiner anderen Graptolithenart begleitet vorkommt, identifizieren. Auch bei Vasagaard traf ich in den

[1] 1882 behauptet TULLBERG, dass am Risebæk zwischen der Zone mit *Cl. styloideus* und der Zone mit *Dicranogr. Clingani* vorkämen, teils »fossilienfreie Schiefer», teils ein lockerer grauer Kalkstein, welcher nach ihm vielleicht als dem »Kalk mit *Trinucleus coscinorrhinus* ANG.» äquivalent anzusehen wäre. In seiner Übersicht verlegt TULLBERG diesen Kalk über die Zone mit *D. Clingani.* MOBERG hat indessen schon früh (1892) nachgewiesen, dass der betreffende Kalk älter als die ebenerwähnte Zone ist, und später, dass er in Schonen direkt auf dem Orthocerenkalk lagert. Es ist somit ganz ausgeschlossen, in dem von TULLBERG erwähnten grauen Kalkstein am Risebæk eine dem »Kalk mit *Tr. coscinorrhinus*» entsprechende Bildung zu sehen. In seinem Resumé 1883 erwähnt TULLBERG den Kalkstein am Risebæk nicht, und er ist von mir dort auch nicht beobachtet worden.

Schiefern unmittelbar unter der Zone mit *Dicranogr. Clingani* CARR. nur eine Graptolithenart an, und da ihr Aussehen mit TULLBERG's kurzer Beschreibung von *Climacogr. Vasae* gut übereinstimmte, zweifelte ich nicht, dass diese Art vorlag. Aus in der Beschreibung der Fossilien angegebenen Gründen habe ich sie hier *Amplexograptus Vasae* genannt. Die vertikale Verbreitung der Art umfasst die Abteilungen c—f. Von diesen gehören, wie schon erwähnt, e_2 und f zu der Zone mit *Dicranogr. Clingani* CARR., und wir müssen daher die Zone mit *Amplexogr. Vasae* TULLB. auf die Abteilungen c und e_1 beschränken.

Die untersten zu Tage gehenden Schiefer bei Vasagaard (Abt. b) sind sehr arm an Fossilien, und man versteht leicht, weshalb TULLBERG sie »fossilienfrei» nannte. In dieser Abteilung sind nur zwei Graptolithenarten gefunden worden: *Climacogr. Scharenbergi* LAPW. und *Climacogr. rugosus* TULLB. In stratigraphischer Hinsicht hat erstere Art fast gar keine Bedeutung, da sie ausserdem im ganzen unteren Dicellograptusschiefer, ja sogar bis hinab in den oberen Didymograptusschiefer vorkommt. *Climacogr. rugosus* TULLB. dagegen, der aus älteren Zonen nicht bekannt ist und bei Vasagaard sich auch nicht in der nächst jüngeren Zone findet, scheint sich zum Leitfossil gut zu eignen [1].

Aus dem vorhergehenden ersieht man, dass die bei Vasagaard entblösste Schieferserie, vom Trinucleusschiefer abgesehen, die folgenden Zonen umfasst:

Zone mit *Climacograptus styloideus* LAPW.
» » *Dicranograptus Clingani* CARR.
» » *Amplexograptus Vasae* TULLB.
» » *Climacograptus rugosus* TULLB.

Auf die verschiedenen Zonen verteilen sich die angetroffenen Fossilien folgendermassen:

Zone mit **Climacograptus styloideus** LAPW.

Diplograptus quadrimucronatus HALL
» *calcaratus* var. *basilicus* LAPW.
» *truncatus* LAPW.
» » var. *pauperatus* LAPW. mscr.
» *peosta* HALL
Climacograptus styloideus LAPW.
» *brevis* E. & W.
Dicellograptus Johnstrupi n. sp.
» *Forchhammeri* GEIN.
» *pumilis* LAPW.

---

[1] TULLBERG erwähnt diese Art als Leitfossil einer bei Fågelsång sowie bei Röstånga auftretenden Zone, die nach ihm jünger als die Zone mit *Climacogr. styloideus* LAPW. sein soll. Spätere Forscher (MOBERG 1892 u. a.) sind der Ansicht, dass die betreffende Zone mit der Zone m. *Dicranogr. Clingani* zusammenzustellen ist, obwohl die beiden Zonen von etwas verschiedener Fazies sind.

Leptograptus flaccidus var. *macer* E. & W.
Lingula dicellograptorum var. *pulla* n. var.
Obolus celsus n. sp.
Discina Portlocki Gein.
Acrotreta dubia Hdg

Zone mit **Dicranograptus Clingani** Carr.

Diplograptus calcaratus var. *robustus* n. var.
» » var. *basilicus* Lapw.
» (*Mesograptus*) *compactus* Lapw.
» (*Amplexograptus*) *Vasae* Tullb.
» (») *lacer* n. sp.
Climacograptus pulchellus n. sp.
» *brevis* E. & W.
» *concinnus* n. sp.
Dicranograptus Clingani Carr.
Dicellograptus Forchhammeri Gein.
» *pumilis* Lapw.
Corynoides incurvus n. sp.
» *curtus* Lapw.
Nucula elliptica n. sp.
» ? *reticulata* n. sp.
Lingula magna n. sp.
» *dicellograptorum* var. *pulla* n. var.
Obolus celsus n. sp.
» ? *rugosus* n. sp.
Discina Portlocki Gein.
Acrotreta nana Hdg
» *dubia* Hdg
Orthis argentea His.
Anatifopsis? *elongatus* Hdg.

Zone mit **Amplexograptus Vasae** Tullb.

Diplograptus (*Amplexograptus*) *Vasae* Tullb.
Corynoides curtus Lapw.
Modiolopsis? *plana* Hdg
Bellerophon sp.
Lingula magna n. sp.
» *dicellograptorum* var. *pulla* n. var.
Obolus celsus n. sp.
» ? *rugosus* n. sp.
Discina Portlocki Gein.

Acrotreta nana Hdg
Leptæna sp.
Orthis argentea His.
Anatifopsis? elongatus Hdg

Zone mit **Climacograptus rugosus** Tullb.

Climacograptus rugosus Tullb.
» *Scharenbergi* Lapw.
Modiolopsis? plana Hdg
Euomphalus bullæformis n. sp.
Lingula dicellograptorum var. *pulla* n. var.
» *magna* n. sp.
Obolus celsus n. sp.
» ? *rugosus* n. sp.
Discina Portlocki Gein.
Anatifopsis? elongatus Hdg

Wie schon gesagt, waren Tullberg nicht alle Zonen von Vasagaard bekannt, sondern er kannte die jüngste nur vom Risebæk her. Dass die Schichtenserie an diesen beiden Lokalitäten und auch bei Hullegaard dieselbe ist, geht aus der Beschreibung der Lokalitäten hervor (S. 8). Bleibt es somit nur noch übrig, nachzusehen, inwieweit die Zonen Bornholms in Schonen vertreten sind.

Die Bildungen Schonens, die den Graptolithenschiefern von Vasagaard äquivalent sind, sind nicht so genau bekannt, dass wir immer bestimmt entscheiden können, welche Teile der Schichtenserie Schonens den verschiedenen Zonen auf Bornholm entsprechen. Bei Jerrestad hat Olin [1] in den Schiefern, welche die Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. überlagern, *Climacogr. styloideus* Lapw. mit *Pleurogr. linearis* Carr. zusammen gefunden. Olin bezeichnet diese Schiefer als »Zone mit *Pleurograptus linearis* Carr.» und betont die Bedeutung des Leitfossils für den Vergleich mit entsprechenden Bildungen in England. Törnquist [2] schlägt für die betreffenden Schiefer den Namen »Zone mit *Pleurogr. linearis* Carr. und *Climacogr. styloideus* Lapw.» vor, weil sie zweifelsohne der Zone mit *Climacogr. styloideus* Lapw. auf Bornholm entsprechen. Von der Schieferserie, die Olin und ältere Forscher »die Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr.» nannten, trennt Törnquist den oberen Teil ab und gibt ihm den Namen »Zone mit *Dicellogr. Forchhammeri* Gein.»; den unteren Teil bezeichnet er als »Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. und *Corynoides calicularis* Nich.». Diese beiden letzten Zonen bei Jerrestad entsprechen zusammen der Zone mit *Dicranogr. Clingani* Carr. auf Bornholm. Die nächst älteren Schichten gehen bei Jerrestad nicht zu Tage.

[1] Olin 1906, S. 34 ff.
[2] Törnquist 1913, S. 422 ff.

Bei Fågelsång ruht die Zone mit *Climacogr. rugosus* Tullb. direkt auf der Zone mit *Nemagr. gracilis* Hall, aber über ihre vertikale Verbreitung ist noch nichts bekannt. *Dicranogr. Clingani* Carr. hat man dort in einem Exemplar gefunden, aber nicht *Climacogr. styloideus* Lapw. Die Schichtenfolge besteht grösstenteils aus sog. Orthisschiefer, dessen Graptolithenfauna wenig bekannt ist.

Im Gebiete Röstånga wird die Zone mit *Nemagr. gracilis* Hall. von einer mächtigen Serie ziemlich fossilienarmer Schiefer überlagert, in denen man sowohl *Climacogr. rugosus* Tullb. als auch *Amplexogr. Vasae* Tullb. findet. Ohne Zweifel haben wir es hier mit einer Schichtenreihe zu tun, die den untersten Zonen bei Vasagaard direkt entspricht. Auch in den nächst jüngeren Schiefern bei Röstånga finden

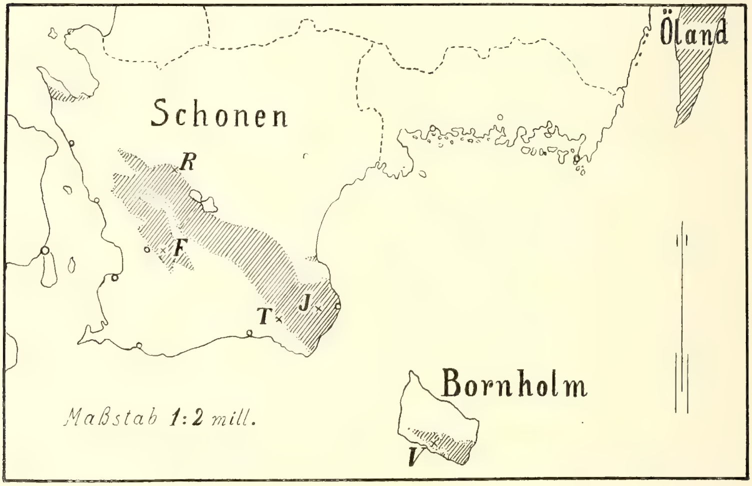


Fig. 4.
Kartenskizze, die Verbreitung des Silurs (schraffiert) in Schonen und auf Bornholm zeigend.
R = Röstånga, *F* = Fågelsång, *T* = Tosterup, *J* = Jerrestad, *V* = Vasagaard.

sich so viele Arten, die man ebenfalls auf Bornholm angetroffen hat, dass sich die Parallelisierung ohne grössere Schwierigkeit durchführen lassen dürfte.

Aus dem obigen Vergleich der Graptolithenschiefer Vasagaards mit den entsprechenden Bildungen Schonens geht hervor, dass die Zone mit *Climacogr. rugosus* Tullb. bei Vasagaard zweifelsohne denjenigen Schiefern äquivalent ist, die bei Fågelsång und Röstånga unmittelbar auf dem unteren Dicellograptusschiefer (der Zone mit *Nemagr. gracilis* Hall.) lagern. Da ausserdem die jüngste der Zonen bei Vasagaard vom Trinucleusschiefer direkt überlagert wird, entsprechen somit die Graptolithenschiefer Vasagaards vollkommen dem mittleren Dicellograptusschiefer Schonens.

Paläontologische Übersicht

der vertikalen und der horizontalen Verbreitung sämtlicher hier beschriebenen Arten und Formen.[1]

		Bornholm				Schonen		
		Zone mit *Clim. rugosus*	Zone mit *Ampl. Vasae*	Zone mit *Dicr. Clingani*	Zone mit *Clim. styloideus*	Jerrestad	Fågelsång	Röstånga
	Graptolitæ.							
1	*Diplograptus quadrimucronatus* Hall				+	+		+
2	» *calcaratus* var. *robustus* n. var.			+		+		+
3	» » var. *basilicus* Lapw.			+	+	+	+	+
4	» *truncatus* Lapw.				+	+	+	+
5	» » var. *pauperatus* Lapw.				+	+		
6	» *peosta* Hall				+	+		+
7	» (*Mesogr.*) *compactus* Lapw.			+		+		
8	» (*Amplexogr.*) *Vasae* Tullb.		+	+				+
9	» (») *lacer* n. sp.			+				
10	*Climacograptus pulchellus* n. sp.			+		+		+
11	» *rugosus* Tullb.	+					+	+
12	» *Scharenbergi* Lapw.	+					+	+
13	» *styloideus* Lapw.				+	+		
14	» *brevis* E. & W.			+	+	?		
15	» *concinnus* n. sp.			+				
16	*Dicranograptus Clingani* Carr.			+		+	+	
17	*Dicellograptus Johnstrupi* n. sp.				+			
18	» *Forchhammeri* Gein.			+	+	+		
19	» *pumilis* Lapw.			+	+	+		
20	*Leptograptus flaccidus* var. *macer* E. & W.				+	+	?	+
21	*Corynoides incurvus* n. sp.			+				
22	» *curtus* Lapw.		+	+		+		
	Lamellibranchiata.							
23 (1)	*Nucula elliptica* n. sp.			+				
24 (2)	» ? *reticulata* n. sp.			+				
25 (3)	*Modiolopsis*? *plana* Hdg	+	+					+
	Gastropoda.							
26 (1)	*Euomphalus bullæformis* n. sp.	+					?	?
27 (2)	*Bellerophon* sp.		+					
	Brachiopoda.							
28 (1)	*Lingula magna* n. sp.	+	+	+		+		+
29 (2)	» *dicellograptorum* var. *pulla* n. var.	+	+	+	+	+	+	
30 (3)	*Obolus celsus* n. sp.	+	+	+	+	+		
31 (4)	» ? *rugosus* n. sp.	+	+	+				
32 (5)	*Discina Portlocki* Gein.	+	+	+	+	+	+	+
33 (6)	*Acrotreta nana* Hdg		+	+			+	+
34 (7)	» *dubia* Hdg				+	+	+	+
35 (8)	*Leptæna* sp.		+			?	?	?
36 (9)	*Orthis argentea* His.		+	+			+	+
	Phyllocarida?							
37	*Anatifopsis*? *elongatus* Hdg	+	+	+		+	+	+

[1] Da der mittlere Dicellograptusschiefer Bornholms auf ein kleines Gebiet beschränkt ist, dürfte, in Bezug auf die Fauna, zwischen den verschiedenen Fundorten kein nennenswerter Unterschied bestehen. Ich habe deshalb in der Tabelle nicht angegeben, von welcher der drei Fundorten die betreffende Art vorliegt. In Schonen ist nicht die vertikale Verbreitung aller Arten bekannt und ich habe daher nur die horizontale angegeben. Genauere Angaben über die Verbreitung der Arten finden sich in der Beschreibung der Fossilien.

Literaturverzeichnis.

Barrande, J.

1852— Système silurien du centre de la Bohème. — Prague 4:o.

Carruthers, W.

1868. Revision of the british graptolites with description of new species and notes on their affinities. — Geol. Mag. Vol. V. London. 8:o.

Davidson, T.

1866—1871. A monograph of the british fossil brachiopoda. Part VII. The silurian brachiopoda. — Palæontogr. Soc. London. 4:o.

Elles, Gertrude L. and Wood (Shakespear), Ethel M. R.

1901— A monograph of british graptolites. Edited by Ch. Lapworth. Palæontogr. Soc. London. 4:o.

Geinitz, H. B.

1852. Die Versteinerungen der Grauwackenformation in Sachsen und den angrenzenden Ländern. Abt. I. Die Graptolithen. Leipzig. 4:o.

1890. Die Graptolithen des K. Mineralogischen Museums in Dresden. — Mittheil. a. d. K. Mineral.-Geol. u. Præhist. Museum in Dresden. Heft 9. Cassel. 4:o.

Hadding, A.

1913. Undre dicellograptusskiffern i Skåne jämte några därmed ekvivalenta bildningar. — Meddel. fr. Lunds Geol. Fältklubb. Ser. B, N:o 6. Kongl. Fysiogr. Sällsk. i Lund Handl. N. F. Bd. 24. N:o 15.

Hall, J.

1861. New species of fossils from the investigations of the survey. Geol. Surv. Wis. Rep. of Prog.

1865. Graptolites of the Quebec group. — Geol. Surv. of Canada. Montreal. 8:o.

Johnstrup, F.

1874. De paleozoiske Dannelser paa Bornholm. — 11:te Skandin. Naturf. Möde Forhandl. Kjöbenhavn.

1889. Abriss der Geologie von Bornholm. — Mitt. d. Geogr. Gesellsch. zu Greifswald. Bd. IV.

Lapworth, Ch.

1873. Notes on the british graptolites and their allies. 1. On an improved classification of the Rhabdophora. — Geol. Mag. Vol. X.

1876. Catalogue of the Western Scottish fossiles. »Moffat district». — Glasgow. 8:o.

1877. Graptolites of County Down. Appendix to Swanston and Lapworth: On the silurian rocks of County Down. — Proceed. Belfast Nat. Field Club.

1878. The Moffat series. — Quart. Journ. Geol. Soc. Vol. XXXIV.

Moberg, J. Chr.

1892. Om den af *Trinucleus coscinorrhinus* Ang. karakteriserade kalkens geologiska ålder. Geol. För. i Stockholm Förh. Bd. 14.

1896. Geologisk vägvisare inom Fogelsångstrakten. Medd. fr. Lunds Geol. Fältklubb. N:r 2.

OLIN, E.
1906. Om de chasmopskalken och trinucleusskiffern motsvarande bildningarna i Skåne. — Medd. fr. Lunds Geol. Fältklubb. Ser. B. N:r 1. Kongl. Fysiogr. Sällsk. Handl. N. F. Bd. 17, N:r 3.

RUEDEMANN, R.
1908. Graptolites of New York. Part II. Graptolites of the higher beds. — New York State Museum. Mem. 11. Albany. 4:o.

TULLBERG, S. A.
1882. Skånes graptoliter. I. Allmän öfversikt öfver de siluriska bildningarna i Skåne. — Sver. Geol. Unders. Ser. C, N:r 50. 4:o.
1883. Ueber die Schichtenfolge des Silurs in Schonen etc. — Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., Jahrg. 1883.

TÖRNQUIST, S. L.
1911. Graptolitologiska bidrag. 3—7. Geol. För. i Stockholm Förh. Bd. 33.
1913. Några anmärkningar om indelningar inom Sveriges Kambro-silur. Geol. För. i Stockholm Förh. Bd. 35.

Inhaltsverzeichnis.

(Ausgedruckt am 15. Januar 1915.)

Tafel I.

Erklärung der Tafel I.

(Die Originale gehören dem geologisch-mineralogischen Institut zu Lund.)

Amplexograptus Vasae TULLB. S. 18.

Fig. 1. Vollständiges Exemplar. a) 1 : 1, b) Proximaler Teil. 5 : 1, c) Distaler Teil. 5 : 1. Vasagaard e.
» 2. Junges Exemplar mit sichtbarer Sicula. 5 : 1. Vasagaard b.
» 3. Distaler Teil eines ungewöhnlich breiten Exemplars. Theken von der häufigsten Form. a) 1 : 1, b) Teil von a. 5 : 1. Risebæk.
» 4. Vollständiges Exemplar mit Theken von ausgeprägtem Climacogr.-Aussehen. a) 1 : 1, b) 5 : 1. Risebæk.
» 5. Proximaler Teil. 5 : 1. Vasagaard e.
» 6. Proximaler Teil. 5 : 1. Vasagaard e.
» 7. Distaler Teil, etwas schiefgepresst. 5 : 1. Vasagaard b.
» 8. Vollständiges Exemplar mit lanzettenförmigem, breitem Nema. 1 : 1. Vasagaard e.
» 9. Bruchstück mit schwach gestreiften Theken. 5 : 1. Risebæk.
» 10. Proximaler Teil. 5 : 1. Risebæk.
» 11. Distaler Teil eines besonders grossen Exemplars. 1 : 1. Risebæk.
» 12. Vollständiges Exemplar mit fadenförmigem Nema. 1 : 1. Vasagaard c.

Climacograptus rugosus TULLB. S. 19.

» 13. Vollständiges Exemplar; Theken von Climacogr.-Aussehen. 5 : 1. Fågelsång E 13.
» 14. » » » » Diplogr.-Aussehen. 5 : 1. Fågelsång E 13.
» 15. » » a) 1 : 1, b) 5 : 1. Vasagaard b.
» 16. Proximaler Teil. 5 : 1. Risebæk.
» 17. » » ungewöhnlich breit. 5 : 1. Vasagaard b.
» 18. Zwei vollständige Exemplare. a) 1 : 1, b) 5 : 1. Risebæk.

Diplograptus (Mesograptus) compactus LAPW. S. 16.

» 19. Vollständiges Exemplar. a) 1 : 1, b) Proximaler Teil. 5 : 1. Risebæk.
» 20. Distaler Teil. 5 : 1. Risebæk.
» 21. Vollständiges Exemplar von ungewöhnlicher Länge. Risebæk.

Climacograptus pulchellus n. sp. S. 19.

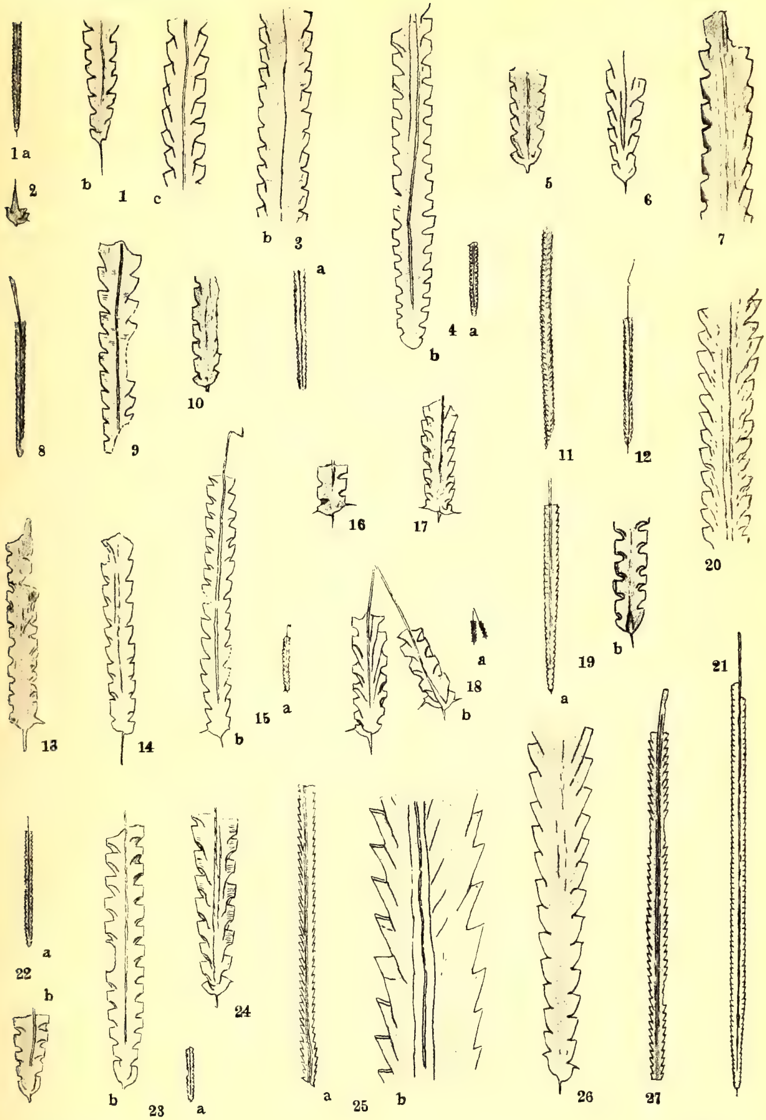
» 22. Vollständiges Exemplar. a) 1 : 1, b) Proximaler Teil. 5 : 1. Risebæk.
» 23. » » a) 1 : 1, b) 5 : 1. Risebæk.

Amplexograptus lacer n. sp. S. 17.

» 24. Kleines Exemplar. 5 : 1. Risebæk.

Diplograptus calcaratus LAPW. var. robustus n. var. S. 13.

» 25. Fast vollständiges Exemplar. a) 1 : 1, b) Teil desselben. 6 : 1. Vasagaard i_0.
» 26. Proximaler Teil. 5 : 1. Risebæk.
» 27. Fast vollständiges Exemplar. 1 : 1. Risebæk.



A. Hadding delin.

HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

Tafel II.

Erklärung der Tafel II.

(Die Originale gehören dem geologisch-mineralogischem Institut zu Lund.)

Diplograptus calcaratus Lapw. var. **robustus** n. var. S. 13.

Fig. 1. Proximaler Teil im flachen Relief. Obverse Seite. 5 : 1. Vasagaard g.

Diplograptus calcaratus Lapw. var. **basilicus** Lapw. S. 14.

» 2. Junges Exemplar. a) 1 : 1, b) 5 : 1. Vasagaard i_3.
» 3. Distaler Teil eines langen Exemplars. a) 1 : 1, b) Teil desselben. 5 : 1. Vasagaard i_3.

Diplograptus truncatus Lapw. S. 14.

» 4—6. Exemplare von einem Handstück. 1 : 1. Vasagaard i_4.
» 7. Proximaler Teil der Fig. 5. 5 : 1.

Diplograptus truncatus Lapw. var. **pauperatus** Lapw. S. 15.

» 8. Junges Exemplar. 5 : 1. Vasagaard i_0.
» 9. Proximaler Teil. 5 : 1. Risebæk.
» 10. Junge Exemplare. 1 : 1. Vasagaard i_0.
» 11. Sieben Exemplare. 1 : 1. Hartfell spa.

Diplograptus peosta Hall. S. 16.

» 12. Vollständiges Exemplar. a) 1 : 1, b) 5 : 1. Vasagaard i_5.
» 13. Proximaler Teil. 5 : 1. Jerrestad.
» 14. Distaler Teil. 5 : 1. Vasagaard i_5.

Climacograptus Scharenbergi Lapw. S. 20.

» 15. Vollständiges Exemplar. a) 1 : 1, b) 5 : 1. Vasagaard b.

Climacograptus brevis E. & W. S. 21.

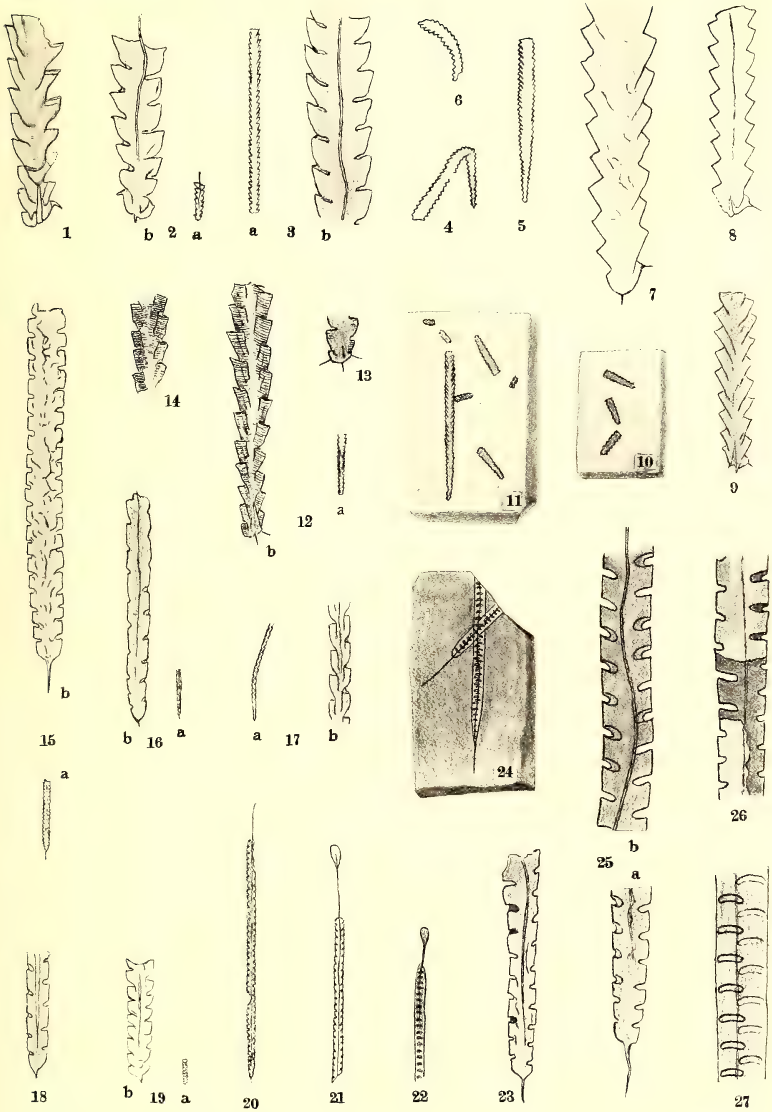
» 16. Vollständiges Exemplar. a) 1 : 1, b) 5 : 1. Vasagaard i_3.
» 17. Vollständiges Exemplar, ungewöhnlich lang. a) 1 : 1, b) distale Theken. 5 : 1. Vasagaard i_4.
» 18. Proximaler Teil. 5 : 1. Vasagaard i_3.

Climacograptus concinnus n. sp. S. 22.

» 19. Vollständiges Exemplar. a) 1 : 1, b) 5 : 1. Risebæk.

Climacograptus styloideus Lapw. S. 21.

» 20. Vollständiges Exemplar von ungewöhnlicher Länge. 1 : 1. Vasagaard i_2.
» 21. Distaler Teil. Nema mit blattförmiger Erweiterung. 1 : 1. Risebæk.
» 22. » » » » » » 1 : 1. Vasagaard i_4.
» 23. Proximaler Teil. 5 : 1. Vasagaard i_0.
» 24. Scalariförmige Exemplare. 1 : 1. Hullegaard.
» 25. a) Proximaler Teil. b) Distaler Teil desselben Exemplars. 5 : 1. Vasagaard i_3.
» 26. Distaler Teil, schiefgepresst. 5 : 1. Vasagaard i_3.
» 27. Distaler Teil, subscalariförmig. 5 : 1. Vasagaard i_3.



A. Hadding delin.

HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

Tafel III.

Erklärung der Tafel III.

(Die Originale gehören dem geologisch-mineralogischen Institut zu Lund.)

Dicranograptus Clingani CARR. S. 22.

Fig. 1. Ungewöhnlich grosses Exemplar. 1 : 1. Vasagaard f.
» 2—5. Exemplare von häufigster Grösse. 1 : 1. Vasagaard f u. g.
» 6. Drei Exemplare. Gerade Zweige. 1 : 1. Jerrestad.
» 7. Junges Exemplar. 5 : 1. Vasagaard g.
» 8. Distale Theken. 5 : 1. Vasagaard.

Dicellograptus Forchhammeri GEIN. S. 23.

» 9. Distale Theken. 5 : 1. Vasagaard g.
» 10. Exemplar, die Form des proximalen Teils zeigend. 1 : 1. Vasagaard g.

Dicellograptus pumilis LAPW. S. 23.

» 11. a) 1 : 1, b) 5 : 1. Vasagaard i.

Dicellograptus Johnstrupi n. sp. S. 24.

» 12. Exemplar von ungewöhnlicher Grösse. 1 : 1. Risebæk.
» 13. Vollständiges Exemplar mit geraden, nicht gewundenen Zweigen. 1 : 1. Risebæk.
» 14. Junges Exemplar. 5 : 1. Risebæk.
» 15. Distale Theken. 5 : 1.
» 16. Vier Exemplare von typischer Form. 1 : 1. Risebæk.
» 17. Proximaler Teil ohne Membran. 5 : 1. Risebæk.
» 18. Vollständiges Exemplar. a) 1 : 1, b) Proximaler Teil mit Membran. 5 : 1. Vasagaard i_5.

Dicellograptus Morrisi HOPK. S. 24.

» 19. Proximaler Teil mit Membran. 5 : 1. Dobbs Linn.

Leptograptus flaccidus HALL var. **macer** E. & W. S. 25.

» 20. Junges Exemplar. 1 : 1. Vasagaard i_0.
» 21. Junges Exemplar. 5 : 1. Vasagaard i_1.
» 22. Proximaler Teil. 5 : 1. Vasagaard i_1.
» 23. Distale Theken. 5 : 1. Vasagaard i_1.

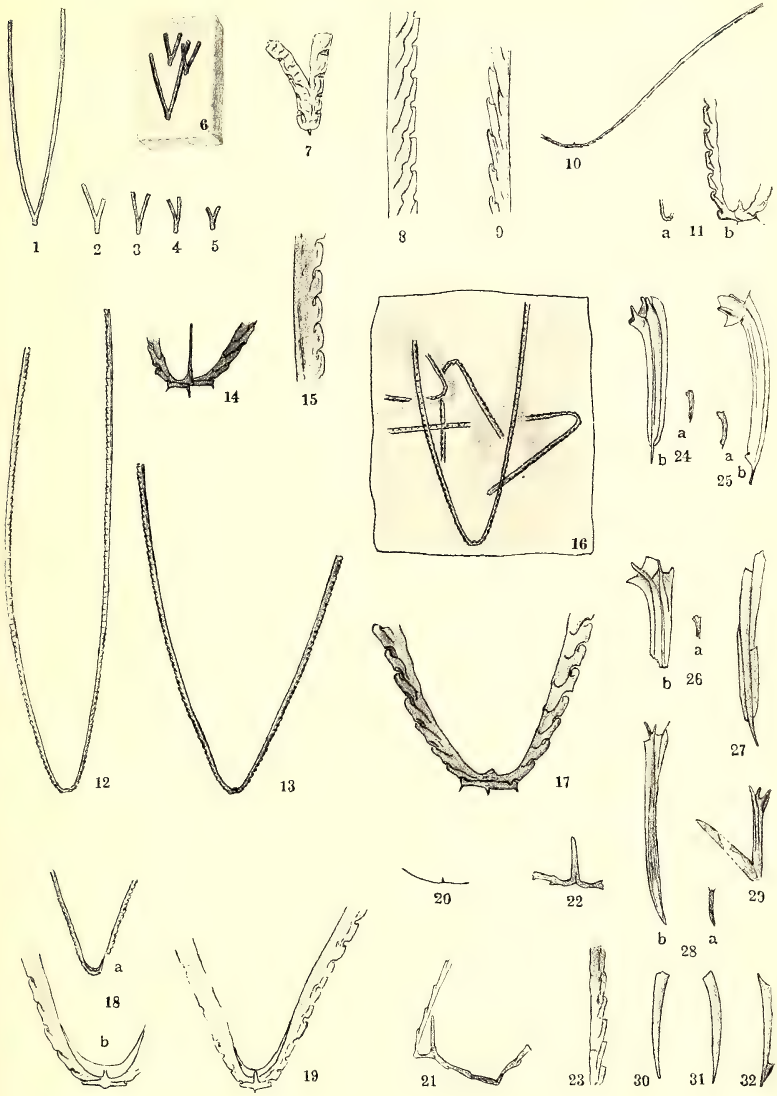
Corynoides incurvus n. sp. S. 25.

» 24—25. Ausgewachsenes Exemplar. a) 1 : 1, b) 5 : 1. Vasagaard e.
» 26. Distaler Teil. a) 1 : 1, b) 5 : 1. Vasagaard e_1.
» 27. Nicht ausgewachsenes Exemplar. 5 : 1. Vasagaard e.

Corynoides curtus LAPW. S. 26.

» 28. Vollständiges Exemplar. a) 1 : 1, b) 5 : 1. Risebæk.
» 29. Distaler Teil. 5 : 1. Risebæk.

» 30—32. Jugendformen von *Corynoides (incurvus?)*. 5 : 1. Vasagaard e.



A. Hadding delin.

HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

Tafel IV.

Erklärung der Tafel IV.

(Die Originale gehören dem geologisch-mineralogischen Institut zu Lund.)

Nucula elliptica n. sp. S. 26.

Fig. 1. a) Rechte Schale mit spärlichen Zuwachslinien, b) von vorne gesehen. 3 : 1. Hullegaard.
» 2. a) Abdruck einer rechten Schale. 3 : 1, b) Teil der Schale, stark vergrössert. Hullegaard.
» 3. Linke Schale mit Randleiste und feiner konzentrischer Streifung. 6 : 1. Hullegaard.

Nucula? reticulata n. sp. S. 27.

» 4. Rechte Schale. a) Schale von innen. 3 : 1, b) Abdruck der Aussenseite, stark vergrössert. Risebæk.

Modiolopsis? plana Hdg. S. 27.

» 5. Rechte Schale. 3 : 1. Risebæk.

Euomphalus? bullæformis n. sp. S. 27.

» 6. Vollständige Schale, von der Nabelseite gesehen. 2 : 1. Vasagaard b.
» 7. » » » » » » a) 1 : 1, b) und c) Streifung stark vergrössert. Risebæk.

Bellerophon sp. S. 28.

» 8. Bruchstück. 3 : 1. Risebæk.

Lingula magna n. sp. S. 28.

» 9. Ventralschale. a) 1 : 1, b) 3 : 1. Vasagaard e.
» 10. Dorsalschale. a) 1 : 1, b) 3 : 1. Vasagaard g.

Lingula dicellograptorum Hdg var. **pulla** n. var. S. 28.

» 11. Ventral- und Dorsalschale. 5 : 1. Vasagaard i_0.
» 12. Ventralschale. a) 1 : 1, b) 8 : 1, c) Profilzeichnung. Vasagaard g.
» 13. Dorsalschale (Innenseite). a) 1 : 1, b) 8 : 1. Vasagaard g.

Obolus celsus n. sp. S. 29.

» 14. Kleinere Form. Ventralschale. a) 1 : 1, b) 8 : 1, c) Profilzeichnung. Vasagaard e_1.
» 15. » » Dorsalschale. a) 1 : 1, b) 8 : 1, c) Profilzeichnung. Vasagaard e_1.
» 16. Grössere Form. Dorsalschale. a) 1 : 1, b) 7 : 1. Vasagaard e_1.
» 17. » » Ventralschale. a) 1 : 1, b) 7 : 1. Vasagaard g.
» 18. » » Ventralschale, Abdruck der Innenseite. a) 1 : 1, b) 8 : 1. Vasagaard g.

Obolus? rugosus n. sp. S. 29.

» 19. Exemplare mit radialen Leisten. a) 1 : 1, b) 6 : 1. Vasagaard b.
» 20. Drei Exemplare ohne radiale Leisten. 4 : 1. Vasagaard.

Discina Portlocki Gein. S. 30.

» 21. Ventralschale. a) 1 : 1, b) 8 : 1, c) Profilzeichnung. Hullegaard.
» 22. Dorsalschale. a) 1 : 1, b) 8 : 1, c) Profilzeichnung. Vasagaard c.

Acrotreta nana Hdg. S. 30.

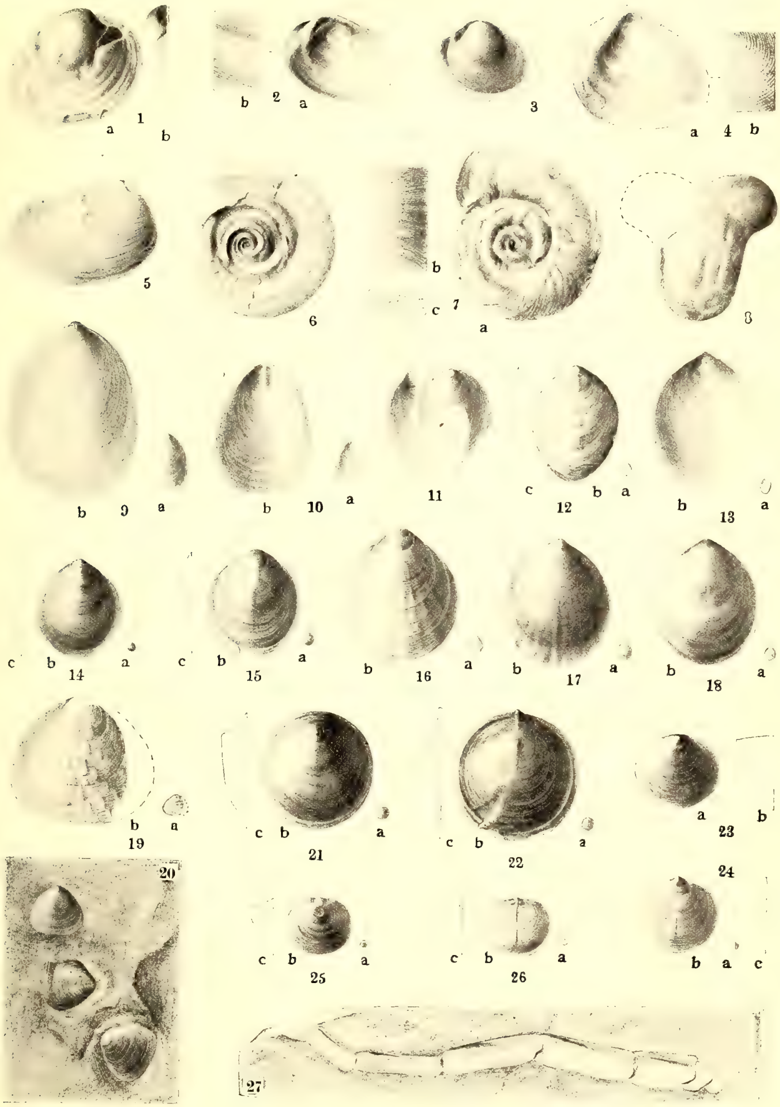
» 23. Ventralschale. a) 12 : 1, b) Profilzeichnung. Vasagaard c.
» 24. Dorsalschale. a) 1 : 1, b) 10 : 1, c) Profilzeichnung. Vasagaard c.

Acrotreta dubia Hdg. S. 30.

» 25. Ventralschale. a) 1 : 1, b) 8 : 1, c) Profilzeichnung. Vasagaard i_4.
» 26. Dorsalschale. a) 1 : 1, b) 8 : 1, c) Profilzeichnung. Vasagaard i_4.

Anatifopsis? elongatus Hdg. S. 31.

» 27. Acht zusammenhängende Schalen. 2 : 1. Risebæk.



Emy Klein delin.

HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 11. Nr 5.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 26. Nr 5.

UNDERSÖKNING

AV

GRÄNSPOTENTIALER

AV

GUDMUND BORELIUS

MED 1 PLANSCH OCH 3 TEXTFIGURER

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Föredragen i K. Fysiografiska Sällskapet den 10 februari 1915.

LUND 1915
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

Föreliggande arbete har föregåtts av tvenne meddelanden, båda i »Annalen der Physik», vilkas innehåll här delvis ånyo och mera utförligt relaterats. Det första meddelandet, som hade titeln «Über eine elektrostatische Methode zur Bestimmung des Potentials eines Elektrolyten» (Bd **42**. 1129. 1913), behandlade kortfattat min metod att mäta potentialen på en fri yta. Dessutom redogjorde det också för några mätningar av elektrodpotentialer och några teoretiska slutsatser. Jag hade emellertid vid denna tidpunkt ännu icke nått fram till full klarhet över inverkan av det kärl, i vilket elektrolyten befann sig, och de teoretiska slutsatserna äro därför till en del oriktiga. Däremot kvarstå som empiriska resultat särskilt undersökningar av elektrodpotentialerna av nio metaller mot olika koncentrerade KCN-lösningar. Sedan förhållandena vid kärlväggen närmare uppklarats, kan metoden också i många fall med fördel användas för sådana mätningar av elektrodpotentialer. På denna sida av saken har jag emellertid i detta arbete icke närmare ingått.

Den andra skriften, vars titel var »Die Oberflächenpotentiale von Lösungen in Kontakt mit Isolatoren» (Bd **45**. 929. 1914) kan anses som ett förutskickat meddelande angående den nu föreliggande undersökningen, i vilken dess innehåll i allt väsentligt återfinnes. Beteckningen ytpotential har jag utbytt mot den mera använda gränspotential.

Då alltså en del av avhandlingens innehåll redan varit före i den utländska facklitteraturen, har jag föredragit att skriva den på svenska och ämnar senare genom referat göra det nytillkommande vidare bekant.

Till mina institutionschefer, professor J. R. Rydberg i Lund, samtidigt min vördade lärare, och professor Sem Sæland i Trondhjem, framför jag mitt tack för välvilligt tillmötesgående av alla önskningar i avseende på mina undersökningar och många vänskapsbevis såväl i som utom tjänsten.

En ekonomisk hjälp, för vilken jag har att tacka, har erhållits av Kungl. Fysiografiska Sällskapet i Lund, som för bekostandet av de använda apparaterna ställt medel till förfogande ur Anders Jahan Retzius' minnesfond.

Min fästmö, lärarinnan Magnhild Tornberg, tackar jag för värdefull hjälp med numeriska räkningar, manuskript och korrektur.

Lund i februari 1915.

Gudmund Borelius.

Del. 1: Metod.

Historik.

För att framställa mina undersökningar över potentialsprånget vid beröringsytan mellan lösningar och fasta isolatorer i sitt sammanhang med tidigare mätningar av kontakt- och beröringspotentialer förutskickar jag en kort översikt av de viktigaste hittills använda metoderna och berör därvid de uppnådda resultaten endast i den mån, de för det följande äro av något intresse.

Den grupp av hithörande mätmetoder, som omfattar de äldsta undersökningarna, kan rubriceras med *kondensatormetoder* eller *induktiva metoder*.

Volta och efter honom en lång rad av forskare mätte kontaktpotentialen mellan tvenne skivor av olika metaller på följande sätt: Den ena skivan förbands med ett elektroskop, och den andra placerades i dess omedelbara närhet, så att de tillsammans bildade en kondensator av stor kapacitet C. I detta läge sattes skivorna ett ögonblick i ledande förbindelse t. ex. genom en metalltråd. Är potentialdifferensen mellan de mot varandra vända ytorna P, samlas på vardera en elektricitetsmängd CP. Då skivorna sedan skiljas, minskas kapaciteten hos elektroskopet och den därmed förbundna skivan till c, och man erhåller därvid ett utslag motsvarande potentialen PC/c. Den ursprungliga potentialdifferensen har alltså mångdubblats i förhållandet C/c. Genom dylika mätningar ordnades metallerna, som bekant, i spänningskedjor.

Anordningarna vid många senare mätningar kunna anses som direkta förbättringar av denna metod, så t. ex. genom elektroskopets utbytande mot den för kvantitativa mätningar bättre lämpade kvadrantelektrometern o. s. v.

En viktig förbättring införde oberoende av varandra Lord Kelvin [1] (1861), Pellat [2] (1880) och Schulze-Berge [3] (1880). Denna bestod i inskjutandet av en lämplig kompensationspotential i den ledning, som åstadkom kontakt mellan kondensatorplattorna, och i stället för att mäta hela effekten på elektrometern, bestäm-

[1] Prioritetsreklamation, Phil. Mag. (5). **46**. 82. (1898).

[2] Journ. d. Phys. **9**. 145. (1880). Ann. d. chim. et phys. (5). **24**. 5. (1881).

[3] Dissert. Berlin (Helmholtz) 1880. Wied. Ann. **12**. 293. (1881).

des direkt eller genom interpolation den kompensationspotential, som motsvarade elektrometerns nolläge.

Av metodiskt intresse är vidare en undersökning av E. Bauermann [1] över möjligheten att mäta kontaktpotentialer genom ett dielektrikum t. ex. en glasskiva, placerad mellan kondensatorns skivor.

Vad man vid användande av en kondensator med plattor av metallerna M_1 och M_2 mäter är i själva verket en summa av potentialsprång

$$\text{luft} \mid M_1 + M_1 \mid M_2 + M_2 \mid \text{luft}.$$

De äldre forskarna bortsågo genomgående från den första och sista komponenten, och antogo hela den mätta effekten vara ett potentialsprång vid själva den metalliska beröringsytan. Detta antagande har, som bekant, visat sig oriktigt, och flera senare undersökningar ha just gått ut på att visa inverkan av mekaniska förändringar av metallytan eller av olika gaser på den utan tvivel betydliga potentialdifferensen gas — metall. Vid dylika mätningar har man låtit den ena kondensatorplattan vara av någon metall med särskilt konstanta egenskaper. Som sådana »normaler» ha använts antingen förgyllda skivor eller också tillräckligt gamla skivor av t. ex. mässing. Bauermanns nämnda arbete avsåg att skaffa en möjlighet för att ändra gasatmosfären kring den undersökta skivan utan att samtidigt behöva ändra den kring normalen. Några mätningar av detta slag tyckes dock aldrig ha utförts.

Kondensatormetoder ha vidare i en rad arbeten använts för undersökningar på elektrolyter. Antingen placerades ett med lösningen indränkt sugpapper på en glasskiva över den med elektroskopet förbundna metallskivan, eller också anbragtes elektrolyten i en skål under skivan och förbands ett ögonblick med denna genom någon lämplig elektrod. Vad man härvid mätte var i första fallet en summa av potentialsprång

$$\text{luft} \mid M_1 + M_1 \mid M_2 + M_2 \mid \text{lösning} + \text{lösning} \mid \text{glas} + \text{glas} \mid \text{luft}$$

och i det andra

$$\text{luft} \mid M_1 + M_1 \mid M_2 + M_2 \mid \text{lösning} + \text{lösning} \mid \text{luft}.$$

Tidigare försummades även här alla potentialsprång mot luft eller glas, och man trodde sig mäta själva elektrodpotentialerna. För dessas mätning har man dock senare övergått till andra metoder. Nyligen har emellertid kondensatormetoden av G. W. Moffitt [2] använts för mätning av potentialsprånget mellan luft och olika lösningar. Han finner att detta vid olika behandling av ytan för en och samma lösning kan variera med 0,3 volt, och att potentialsprånget för lika behandlade normallösningar är oberoende av den upplösta substansens art.

Betydligt avvikande från övriga kondensatormetoder är den, som använts av Ayrton och Perry [3]. Varken metodens användbarhet eller de med densamma

[1] Dissert. Rostock 1912.

[2] The Phys. Review (2). **2**. 95. (1913).

[3] Phil. Trans. **1**. (1880). Proc. Roy. Soc. **27**. (1878).

erhållna resultaten äro emellertid av den art, att de nödvändiggöra ett närmare ingående på densamma. Likaså förbigår jag några andra i enstaka fall använda metoder, som tjäna samma ändamål som kondensatormetoderna.

Närmast till raden av dessa kondensatormetoder sluter sig nu också den, för vars utarbetande och användning jag senare har att redogöra.

Till den andra stora gruppen av metoder för mätning av kontaktpotentialer höra de, som gå ut på *mätning av elektromotoriska krafter.* I vissa fall kan man därvid mäta strömstyrkor och beräkna den elektromotoriska kraften enligt Ohms lagar. Ofta är dock den e. m. k. en funktion av strömstyrkan, och man föredrar därför kompensations- eller nollmetoder. Är det inre motståndet i den undersökta cellen relativt litet, kunna som nollinstrument användas galvanometrar och kapillarelektrometrar, är det däremot stort, får man använda kvadrant- och binantelektrometrar. Det har på detta sätt utförts en oerhörd mängd undersökningar över element innehållande metaller och elektrolyter, där de medverkande potentialsprången alltså äro elektrodpotentialer (metall | lösning), vätskepotentialer (lösning lösning) och de, av många förnekade, potentialsprången metall | metall. Men man har också, särskilt på senare tiden mycket sysslat med celler, där som ett led ingår en relativt dålig ledare, en ioniserad gas, en kristall, en glasskiva, någon organisk substans eller, särskilt inom fysiologien, något biologiskt preparat.

Den vanligaste beteckningen för potentialsprånget vid en sådan dålig ledare är berörings- eller gränspotential. Jag nämner bland hithörande arbeten några exempel:

Greinacher [1] undersökte kombinationen metall I — ioniserad gas — metall II och fann att dess e. m. k. blir noll eller i varje fall mycket liten, om all fuktighet noga avlägsnas från metallerna. Guyot [2] undersökte celler av formen metall — metallsaltlösning — ioniserad luft — förgyllt metalltrådsnät för olika reversibla elektroder och slöt av sina observationer att potentionalsprånget lösning | luft var oberoende av lösningens art och koncentration, ett resultat som även omfattar resultatet av Moffitts förut nämnda, enligt kondensatormetoden utförda, arbete. Han kom emellertid samtidigt till den ovanliga uppfattningen, att elektrodpotentialerna vid reversibla elektroder äro oberoende av elektrodmetallens art.

Följande arbeten äro för jämförelse med mina undersökningar av alldeles särskilt intresse.

F. Haber och Z. Klemensiewicz [3] undersökte gränspotentialarna mot glas. Deras försökskedja var följande: elektrometerkvadrantpar I — platinatråd — lösning av salt eller syra — tunn glasvägg — försökslösning — normal KCl lösning — kalomelnormalelektrod — kvadrantpar II. De olika delarna voro väl isolerade från omgivningen och det ena av kvadrantparen jordlett. Glasväggen var av lättsmält Thyringerglas. Vid variation av försökslösningen ändrades gränspotentialen mot glaset så, som om detta tjänstgjort som en väteelektrod.

[1] Dissert. Berlin 1904.
[2] Compt. rend. **153**. 867. (1911) och **156**. 220. (1913).
[3] Zeitschr. f. Phys. Chemie **67**. 385. (1909).

Under fortgången av mina arbeten ha publicerats några undersökningar av R. Beutner[1], som behandlat kedjor där ett led utgjorts av en eller annan organisk vätska eller vätskeblandning. Vätskan innehölls i ett U böjt rör och begränsades på ena sidan av t. ex. normal NaCl lösning på den andra av försökslösningen.

Resultaten av dessa arbeten komma att närmare behandlas i den teoretiska delen.

En betingelse för användbarheten av metoder sådana som de sist angivna är att ledningsförmågan hos glaset eller den substans, vilken den nu må vara, för vilken gränspotentialen skall bestämmas, är stor i förhållande till ledningsförmågan över de isolationer, som ingå i försöksanordningen. Beutner har endast undersökt relativt gott ledande organiska substanser. Med min egen metod har jag kunnat studera ett så utmärkt isolerande ämne som paraffin, och det blir t. o. m. principiellt möjligt att mäta gränspotentialerna mot ideala isolatorer.

Ett gemensamt kännemärke för alla mätningar av kontakt- och gränspotentialer, vilken metod man än må använda, är att man väl i några fall kan iaktta variationerna av en enstaka komponent (så t. ex. vid mekanisk ändring av en metall eller vätskeyta) men aldrig direkt mäta någon enda komponents absoluta storlek. Uppdelningen av den mätta effekten på dess olika komponenter måste alltid hänskjutas, antingen till studiet av beröringspotentialernas sekundära verkningar, eller också till teorier grundade genom iakttagelser inom andra områden av vetenskapen. Så är det på grundval av Helmholtz's teori för de elektrokapillära fenomenen, som den stora tyska skolan av elektrokemister anse att man i kapillarelektrometern och droppelektroden fått medel att på några millivolt när ange elektrodpotentialernas absoluta storlek. Bland de sekundära verkningarna av gränspotentialerna få vi i den teoretiska delen tillfälle att särskilt beröra den elektriska endosmosen och suspenderade partiklars rörelse i det elektriska fältet.

Det historiska studiet av de kontaktelektriska fenomenen visar framförallt nödvändigheten av att noga diskutera samtliga gränsskikt, som vid försökens gång äro utsatta för förändringar. Till den alltjämt stridiga frågan om potentialsprångens fördelning i ett element behöver jag, sådan min försöksanordning är, endast i en punkt taga ställning, och denna punkt är därtill en av de minst omtvistade nämligen frågan om vätskepotentialernas storlek.

Metod att mäta kontaktpotentialer.

I det följande har jag att beskriva en ny metod för bestämning av potentialen på ytan av en ledare, eller om man vill använda det vanliga, men genom alltför mångskiftande användning något oklara beteckningssättet, för mätning av kontaktpotentialer. De första förberedelserna för metodens realiserande gjordes i

[1] Zeitschr. f. Elektrochemie **19**. 319. (1913). Zeitschr. f. Elektrochemie **19**. 467. (1913) Zeitschr. f. Phys. Chemie **87**. 385. (1914).

slutet av år 1912. Den utarbetades i Trondhjem vid den Tekniske Höjskoles Fysiske Institut under första hälften av 1913. En kort beskrivning av metoden och några med den utförda mätningar publicerades i Annalen der Physik [1] samma år. Referat huvudsakligen av mätningarna har influtit i Fortschritte der Physik [2], och av metoden i Zeitschrift für Instrumentenkunde [3]. Mätningarna fortsattes senare med nya apparater vid Fysiska Institutionen i Lund. De intill maj 1914 erhållna resultaten ha sammanfattats i ett nytt meddelande till Annalen der Physik [4].

Den använda principen är följande. En metallskiva av konstanta ytegenskaper, en »normal», bringas i omedelbar närhet av den yta, som skall undersökas, och förbindes i detta läge med jorden. Potentialen på ytan av den till jorden ledda normalen sättes godtyckligt till noll. Är den undersökta ytans potential P_I och den av de båda ledarna bildade kondensatorns kapacitet C, får normalen en laddning $-CP_I$. Förbindelsen med jorden brytes i det normalen föres vidare. I ett läge där dess kapacitet är $c\,(c < C)$ förbindes normalen med en konduktor II av kapaciteten ν, vilken därigenom erhåller potentialen

$$P_{II} = -P_I \frac{C}{c+\nu}.$$

Upprepas detta $2 \ldots n \ldots \infty$ många gånger får konduktorn II potentialerna

$$P_{II_2} = -P_I \frac{C}{c+\nu}\left[1 + \frac{\nu}{c+\nu}\right]$$

— — — — — — — — — —

$$P_{II_n} = -P_I \frac{C}{c+\nu}\left[1 + \frac{\nu}{c+\nu} + \left(\frac{\nu}{c+\nu}\right)^2 + - + \left(\frac{\nu}{c+\nu}\right)^n\right]$$

— — — — — — — — — — — — — — — — — —

$$P_{II\infty} = -P_I \cdot \frac{C}{c}.$$

Vid ett tillräckligt antal upprepningar blir alltså potentialen på ledaren II $-P_I \frac{C}{c}$. Den ursprungliga potentialdifferensen mellan normal och försöksyta har multiplicerats med $\frac{C}{c}$.

Vid mina anordningar får nu samma normal vidare utföra en likadan multiplikation av potentialen mellan konduktorn II och en konduktor III, och mellan denna och det ena kvadrantparet av en elektrometer.

---

[1] Ann. d. Ph. (4). **42**. 1129. (1913).
[2] Fortschr. d. Ph. 1913. **1**. (334).
[3] Zeitschr. f. Instr. kunde. **35**. 296. (1914).
[4] Ann. d. Ph. (4). **45**. 929. (1914).

Fig. 5 ger ett schema av den använda apparaten. Normalerna, som äro sex lika kopparskivor med gamla polerade ytor, äro fästade som vingar i kanten av en isolerande skiva av ebonit, som man vid mätningarna låter rotera medsols. Därvid passera vingarna tätt intill den yta I, som skall undersökas, och mellan tvenne par av kopparplattor II och III. Vidare beröras de av borstarna 1 till 6. 1, 3 och 5 äro förbundna med apparatens metalliska omhölje och med jorden och beröra vingarna till det ögonblick, då de stå mitt för I, II och III, och alltså med dessa bilda kondensatorer av relativt stor kapacitet. 2, 4 och 6 äro isolerat fästade vid omhöljet och stå i förbindelse: 2 med II, 4 med III och 6 med elektrometern. De beröra vingarna i lägen der dessas kapacitet är relativt liten.

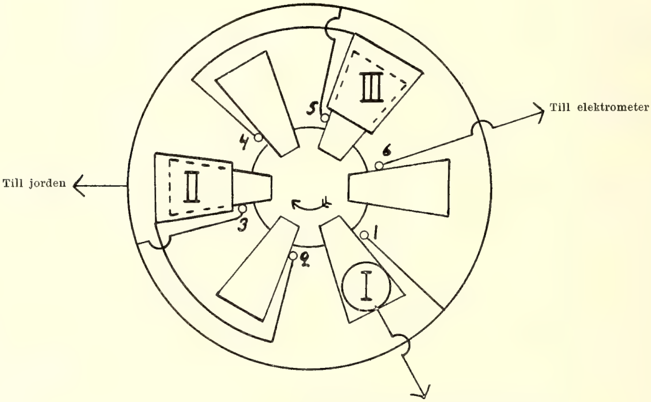


Fig. 5.

Förefinnes en differens mellan den undersökta ytans potential och koppar-vingens, som sättes $= 0$, alltså om $P_{\mathrm{I}} \neq 0$ får man efter en stunds rotation på plattparen II och III och på elektrometern potentialerna P_{II}, P_{III} och P_{E}, vilkas absoluta värden successivt stegras, och vilkas tecken äro omväxlande positiva och negativa. Förhållandet $\frac{P_{\mathrm{E}}}{P_{\mathrm{I}}}$ är apparatens multiplikationstal F, och $P_{\mathrm{E}} = F \cdot P_{\mathrm{I}}$. Är $P_{\mathrm{I}} = 0$ borde därför även P_{E} vara noll. Detta inträffar dock i praktiken ej exakt, dels på grund av olikheter i ytpotentialerna hos de olika vingarna, plattparen och apparatens övriga metalldelar, och dels på grund av tillfälliga laddningar på de oundvikliga isolatorerna. Verkan av metallytornas olikhet kan, då elektrometerns svängningstid är stor i förhållande till rotatorns omloppstid, nedbringas till en obetydlig förskjutning av apparatens nollpunkt. Laddningar hos isolatorerna åstadkomma däremot lätt en betydlig osäkerhet i utslagen på elektrometern eller i sämsta

fall rent av självverkan (Selbsterregung) hos instrumentet, och de ha varit rätt svåra att få bukt med. Härom mera längre fram.

Metoden användes bäst som nollmetod. Försöksytan ledes till jorden över en reglerbar kompensationspotential, som avpassas så, att elektrometern vid rotationen visar på noll. Varje ändring i potentialsprånget hos försöksytan eller i dess förbindelsekedja kommer då tillsynes i en motsvarande ändring av kompensationspotentialen.

Instrument konstruerade efter det angivna schemat benämnas lämpligen kontaktpotentialmultiplikatorer. Multiplikatormetoden är närmast att inordna i gruppen av kompensationskondensatormetoder, men skiljer sig från andra sådana i några viktigare punkter. Vid de vanliga kondensatormetoderna erhålles den avlästa spänningen på elektrometern genom ett enda åtskiljande av kondensatorns delar, och man blir därför beroende av isolationernas absoluta tillförlitlighet och andra tillfälligheter. Särskilt har det vid Bauermanns nämnda undersökning över möjligheten att mäta kontaktpotentialer genom ett mellan kondensatorskivorna liggande dielektrikum visat sig, att dettas laddning och inverkningarna därav ändrat sig med varje ny mätning. Vid multiplikatormetoden avläser man i stället det slutliga resultatet av en stor mängd likartade manipulationer eller en dynamisk jämvikt, där varje längs isolatorerna bortsipprande elektricitetsmängd omedelbart ersättes. Också visar sig denna metod i praktiken i hög grad oberoende av isolationernas kvalitet. En annan fördel med denna metod, som särskilt blir av vikt, då man gör mätningar på isolatorer eller dåliga ledare, är att kompensationspotentialen, sedan rotatorn satts i gång, kan anpassas precis för apparatens nollverkan. Man har därför alltid vid mätningarna ett och samma svaga fält i kondensatorn. Vidare sker vid multiplikatormetoden alla kontakter och avbrott helt automatiskt. Känsligheten kan också drivas högre än vid övriga kondensatormetoder.

Den använda multiplikationsprincipen är första gången angiven och använd av Hallwachs [1]. Kvantitativt verkande influensmaskiner ha vidare konstruerats av N. Russeltvedt [2] och, efter anvisning av A. Einstein [3], av C. och P. Habicht [4]. Multiplikatorprincipen är alltså i och för sig ingen nyhet utan endast dess användande för mätning av kontaktpotentalier. Inom detta område erbjuder den emellertid en hel del nya möjligheter.

Två kontaktpotentialmultiplikatorer.

Efter det angivna schemat har jag konstruerat och för mina mätningar använt två olika instrument, multiplikatorerna A och B, vilkas konstruktion torde kunna klargöras med hjälp av fotografierna å den bifogade planschen.

[1] Wied. Ann. **29**. 300. (1886).
[2] Phys. Zeitschr. **9**. 443. (1908).
[3] Phys. Zeitschr. **9**. 216. (1908).
[4] Phys. Zeitschr. **11**. 532. (1910).

Multiplikator A (figg. 1 och 2). Vid detta instrument var axeln till den rörliga delen, ebonitskivan med de sex kopparvingarna, med en konisk stödyta anbragt i en lageranordning på undersidan av en kvadratisk pall av trä (sida 6 dm.) På denna pall stod med tre ställskruvar ett dubbelväggigt kärl av zinkplåt. Väggmellanrummet var utfyllt med paraffin lämpligt armerat med 6 skivor av ebonit. Paraffinringens övre yta var svarvad noga plan, och vid de infällda ebonitskivorna fästes de båda paren kopparplattor jämte borstarna 2, 4 och 6, som berörde vingarna uppifrån. Borstarna 1, 3 och 5 voro fastlödda vid zinkkärlets botten och berörde ringarne undertill. Rotatorns axel gick genom ett hål i zinkkärlets botten. Genom de tre ställskruvarna bragtes plattparen i det rätta läget i förhållande till vingarna. Undersökningsobjektet en metallskiva eller ett kärl innehållande en lösning nedfördes genom ett hål i översidan av apparatens lock (påsatt i fig. 2, avtaget i fig. 1). Förbindelsen mellan borsten 6 och elektrometern skedde genom ett hål i kanten av detta lock. För att undvika självverkan, skyddades isolatorerna dels därigenom, att den inre väggen, som för övrigt var löstagbar, fick skjuta upp 5 cm. över paraffinringen och endast med lämpliga urtag ge plats för plattparen och borstarna, och dels genom att å ebonitskivan mellan vingarna anbragtes metalltrådar förbundna med rotatorns axel och därigenom med jorden.

Det kan kanske synas som om vid detta instrument det angivna schemat realiserats med något vidlyftiga och egendomliga instrumentella hjälpmedel. Härtill måste emellertid påpekas, att jag vid byggandet av apparaten icke kunde på förhand avgöra vilket multiplikationsförfarande, som var att föredraga, och bestämma mig för ett visst. Som instrumentet nu blev byggt, fanns inom ramen av de sex anbringningspunkterna för plattor och borstar å den yttre ringen, de sex anbringningspunkterna för vingar å ebonitskivorna, och då den inre löstagbara väggen kunde utskäras efter godtycke, möjligheter för flera olika tillvägagångssätt vid multiplikationen, av vilka jag sedan genom försök utvalt det bästa.

Med multiplikator A äro de mätningar utförda som anförts i mitt första meddelande (not 1 sid. 9).

Multiplikator B (figg. 3 och 4) konstruerades med hänsyn till de erfarenheter, som vunnits vid utarbetandet av den förra apparaten. Läget för var och en av de sex noga lika och plana vingarna på ebonitskivan är fixerat genom tre styrstift. Vingarna fästas för övrigt av en knappformig mutter på den övre och en därtill passande skruv på den undre sidan av ebonitskivan. Skivan själv är i sin mitt fastklämd i en messingsfattning, som kan anpassas på den upptill något koniska axeln och med en skruv fästas till änden av denna. Rotatoraxeln är med en konisk stödyta lagrad i en messingsfattning, anbragt i centrum av en trefot av gjutjärn. Remtrissan är fästad å en under trefoten nedskjutande del av axeln. Till messingsfattningen är angjord en stor rund kopparskiva (diameter 37 cm.), som uppbär borstarna och plattparen. Borstarna äro av »julgransglitter» och fästade, så att de lätt kunna förnyas, i små kulor av messing, påskruvade på tunna, något böjda messingsstavar. Stavarna äro nedstuckna i uppsplitsade messingsrör och kunna så

förskjutas i höjdled. På grund av böjningen är även en förställning i sidled möjlig. Borstarna 1, 3 och 5 äro ledande, 2, 4 och 6 isolerat fastskruvade vid skivan. 6 står under skivan i förbindelse med en grov messingstråd, skyddad av ett vitt rör (synliga till höger å figg.), för förbindelse med elektrometern. Plattparen äro fästade på isolerade ebonitstöttor och förskjutbara i höjdled. Under skivan (till höger å figg.) är dessutom anbragt en smörjkopp med rörledning in till lagret. De inre delarna av apparaten skyddas för störningar genom en huv av koppar (avtagen i fig. 3.) Den ledare som skall undersökas nedföres genom ett hål i huvens översida.

Då apparaten var ny och ebonitisolationerna särskilt goda, var det mycket svårt att bli kvitt laddningar, som uppkommit på dessa och inverkade störande på mätningarna. Jag nödgades till sist helt överkläda den roterande skivan med metallbleck (synligt å fig. 3), så att endast en smal kant närmast vingarna lämnades fri. Ett år senare, då ebonitytorna blivit mera ledande, kunde blecket saklöst borttas eller ersättas med några jordledda koppartrådar, såsom vid multiplikator A. Ofta använde jag för att hastigt avlägsna laddningar, som uppkommit, då de inre delarna av en eller annan orsak justerats, ett radiumpreparat, som inlades några minuter på lämpligt ställe i apparaten. Utan radiumpreparatet hade det varit nödvändigt att vänta med mätningen i timmar eller dagar. Även under en del mätningar har preparatet fått ligga kvar i apparaten, vilket visar, hur oberoende man vid denna metod är av goda isolationer.

Alla senare beskrivna mätningar äro utförda med multiplikator B.

Anordning för mätning av gränspotentialer.

Under förbigående av de användningar av multiplikatormetoden, som i mitt första meddelande om denna dels beskrivits, dels omnämnts, övergår jag till en redogörelse för den försöksanordning, som använts för att komma åt potentialsprången i beröringsytan mellan en lösning och en isolator. Dessa undersökningar äro utförda med multiplikatorn *B*.

I figur 6 är *M* multiplikatorn. Från remtrissan gick en rem till ett större hjul, som vevades för hand. Elektrolyten, som skall undersökas, befinner sig i kärlet *G*, som är av glas eller kvarts eller också ett glaskärl på insidan försett med ett lager paraffin. Av multiplikatorns övriga delar äro endast rotatorn samt borstarne 1 och 6 angivna i figuren. Borsten 6 står i förbindelse med den ena kvadranten av elektrometern *E*. Multiplikatorns omhölje är lett till jorden. Elektrolyten är över en rörledning *KK'* innehållande normal *KCl*-lösning och en kalomelnormalelektrod förbunden med en punkt *A* av kompensationsanordningen, av vilken en annan punkt *B* är ledd till jorden. Potentialen i det inre av lösningen är därigenom bestämd och kan varieras i förhållande till potentialen hos de jordledda vingarna i multiplikatorn. För att kunna mäta potentialsprånget i själva

beröringsytan måste man å andra sidan äfven försöka att bestämma potentialen hos kärlväggen. Det är givet att utgången av ett sådant försök framför allt blir beroende av väggens egenskaper.

Elektrolytkärlet och dess inverkan har därför måst underkastas ett ingående studium. Till en början, då jag arbetade med rena glaskärl, trodde jag, att kärlets vägg endast spelade rollen av ett dielektrikum inskjutet i den av elektrolyten och kopparvingen bildade kondensatorn. Vid användandet av kärl med paraffinöverdrag, då genom paraffinet tillkom en ny särdeles god isolator, och då vid kärlets uppvärmning över en Bunsenlåga ytterväggen utsattes för genomgripande förändringar, märkte jag emellertid att saken var mera invecklad. Det är framför allt tre faktorer, som äro av vikt: för det första ledningsförmågan genom kärlväggen, för det andra beskaffenheten av kärlets yttersida, dess ledningsförmåga och konstansen av dess potentialsprång mot den omgivande luften, och slutligen arten av kärlets förbindelse med multiplikatorns övriga delar. För att komma underfund med betingelserna för goda resultat har jag varierat kärlets egenskaper i olika riktningar. Försök ha utförts på sju kärl av olika glassorter och ett av klar kvarts, och med dessa ha inalles över tjugo omparaffineringar företagits. Genom olika tjocka paraffinlager har ledningsförmågan genom väggen varierats. Kärlets yttersida har utsatts för olika behandlingar: bestrykning med schellack, rengöring med alkohol, upphettning över Bunsenlåga, variation av den omgivande luftens fuktighet genom insättande av mer eller mindre koncentrerad svavelsyra i den tätade apparaten, behandling med kalilut och klorcalcium och slutligen försilvring.

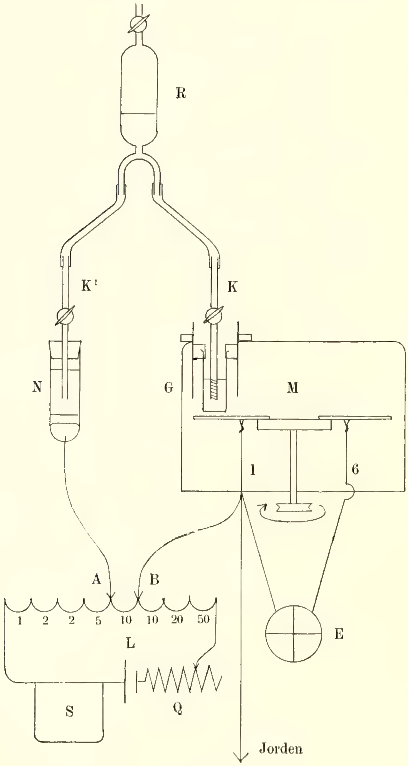


Fig. 6.

Goda resultat kunna erhållas om *ledningen genom väggen är god i förhål-*

lande till ledningen längs kärlets yttersida *till omgivningen*, varvid potentialen på undersidan av bottnen genom ledning bestämmes av den på innersidan i gränsskiktet och skiljer sig från denna med ett konstant värde. De nedre delarna av yttersidan, vilka alltid äro mitt för lösningen, må gärna vara väl ledade, endast dess egenskaper äro konstanta; däremot få de på inga villkor vara t. ex. schellackfernissade, i vilket fall det lätt ansamlar sig laddningar, som omöjliggöra alla mätningar. För mätningarna har jag använt ett tunt kärl av simpelt väl ledande glas överdraget med möjligast tunna paraffinskikt. Yttersidan har oftast varit naturlig. Det bästa sättet att framställa en användbar naturlig yta har jag funnit vara att efter rengöring lätt bestryka ytan med en Bunsenlåga. Emellertid är även utgången av en sådan behandling mycket osäker och det behövs alltid en lång tid, hela dagar, innan ytan kommit i elektrisk jämvikt med den omgivande luften. En naturlig yta tyckes också vara rätt beroende av luftens fuktighet. Snabbare och säkrare får man emellertid ett brukbart kärl på det sätt, jag använt vid mina senare mätningar. Kärlets nedersta del försilvras utvändigt, och den övre göres oledande genom bestrykning med schellack. Kärlet har som fig. 6. visar med paraffin fastsmälts i ett rör av messing, och metallhöljet får gå ned på sidorna om kärlet för att neutralisera inverkan av laddningar på schellacken. Röret är gängat in i en ring av messing vilande på multiplikatorhuvens översida. Kärlet kan på detta sätt lätt höjas och sänkas.

Men även i det fall, att *ledningen genom kärlväggen är liten i förhållande till förlusterna utåt* längs ytan och genom luften, är det möjligt att utföra mätningar. Jag har haft detta fall realiserat vid ett kärl av klar kvarts. Utvändigt var kärlet nedtill försilvrat upptill bestruket med schellack. Då potentialen på lösningens yta ändras, sker en fördelning av elektriciteten i silverskiktet, så att potentialändringen blir märkbar utåt. Så småningom försvinner väl den fria laddningen på silverskiktets utsida, och då ledningen genom luften spelar den största rollen, uppnår silverskiktet till slut alltid en och samma potential, som endast obetydligt skiljer sig från kopparvingens. Detta försvinnande sker dock helt långsamt, och passar man på att företaga en kompensation, så snart potentialen på lösningens yta ändrat sig, kan man alltså mäta denna ändring. Lämpligt är därvid att kompensera till den av ledningen genom luften mellan silvret och kopparvingen bestämda nollpunkten.

En sådan möjlighet att mäta potentialsprånget mot en fast absolut isolator är, så vitt jag vet, ej förut påvisad.

Rörförbindelsen emellan elektrolyten i multiplikatorns kärl G och normalelektroden N består av tvenne kranrör K och K' genom gummislangar förbundna med behållaren R och är fylld med normal KCl-lösning. Kranarna äro noga avfettade, så att de kapillära vätskeskikten kunna förmedla elektricitetsgenomgången. De äro insatta för att hindra hävertverkningar. För att förebygga blandningar av lösningarna i röret och kärlet genom strömningar är dessutom änden av röret K försett med en bomullspropp. Den genom diffussion förorenade lösningen i denna

rörande kan man låta avdroppa och ersättas med ny ur reservoiren genom att öppna kranen *K*. Med hjälp av det kranrör, som upptill sluter behållaren, kan man minska trycket över lösningen och så förhindra, att denna på grund av det hydrostatiska trycket pressas fram förbi glaspropparna.

Normalelektroden är en kalomel-normalelektrod med normal *KCl*-lösning framställd i enlighet med föreskrifterna i Ostwald-Luthers handbok [1].

Kompensationsanordningen utgöres av en strömkrets med ett eller två Leclanchéelement *L*, ett reglerbart motstånd *Q*, en proppreostat på 100 ohm och en milliamperemeter *S*.

De olika moståndeu i reostaten lyda på 1', 2', 2'', 5', 10', 10'', 20' och 50' ohm. Reostaten kalibrerades och befanns

$$1' + 2' + 2'' + 5' = 10{,}0 \text{ ohm}$$
$$10' = 10{,}0 \text{ »}$$
$$10'' = 10{,}0 \text{ »}$$
$$20' = 20{,}1 \text{ »}$$
$$50' = 50{,}0 \text{ »}$$
$$1' + 2' + 2'' + 5' + 10' + 10'' + 20' + 50' = 100{,}1 \text{ »}$$

En punkt *A* av proppsreostaten är] förbunden med normalelektroden, en annan *B* med jorden. Motståndet mellan *A* och *B* var i allmänhet 10', 10' + 10'', 50' eller hela motståndssumman 1'—50'.

Strömmätaren, en milliamperemeter från Siemens och Halske har 150 skaldelar, varje skaldel motsvarande 10^{-4} ampere. Dess korrektioner ha bestämts genom jämförelse med ett nytt, kontrollerat instrument från samma firma, varvid funnits följande korrektioner:

intill	32,5	+ 0,6
»	37,5	0,7
»	45,0	0,8
»	55,0	0,7
»	65,0	0,6
»	75,0	0,7
»	95,0	0,6
»	112,5	0,7
»	117,5	0,8

Är utslaget på milliamperemetern *S* och motståndet mellan punkterna *A* och *B* *R*, blir kompensationspotentialen

$$K = \tfrac{1}{10}\, S \,.\, R \text{ millivolt}$$

Vid mätningarna eftersträvas en noggrannhet på 1 millivolt. Följande värden på ΔS och ΔR ange de ändringar i *S* och *R*, som vid gränserna av de

[1] Ostwald-Luther: Hand- und Hülfsbuch Physiko-Chemischer Messungen 3 Aufl. p. 442.

praktiskt förekommande mätområdena behövas för en ändring av kompensationspotentialen om 1 millivolt.

$R = 10$ ohm, $\Delta S = 1{,}0 . 10^{-4}$ amp.
$R = 100$ » , $\Delta S = 0{,}1$ » »

$S = 10 . 10^{-4}$ amp., $\Delta R = 1{,}0$ ohm
$S = 100$ » » , $\Delta R = 0{,}1$ »

Elektrometern är ett Dolezalekinstrument, som användes i kvadrantkoppling och avläses med kikare och skala. Skalavståndet är 130 cm. Vid 20 volts nålspänning är känsligheten 6 cm/volt. Då multiplikatorns multiplikationstal för olika avstånd mellan kärlet och vingarna har varierat mellan 5 och 18 har en ändring av kompensationspotentialen om 1 millivolt motsvarat 0,3 till 1,1 millimeter på skalan.

Förbindelsen mellan multiplikatorn och elektrometern skyddades av ett messingsrör.

Summeras potentialsprången längs vägen: jorden, punkten B av kompensationsanordningen, punkten A, normalelektroden, KCl-lösningen, försökslösningen, kärlväggen, luften, kopparvingen, borsten 1, jorden så erhålles om man betecknar,
gränspotentialen (kärlvägg — försökslösning) med P,
vätskepotentialen (KCl-lösning — försökslösning) med E och
kompensationspotentialen (B—A) med K,

$$-K - E + P + \text{konstant} = 0$$

eller

$$P = K + E + \text{konstant}. \qquad (1)$$

K bestämmes genom experimenten. E kan beräknas i enlighet med den Nernstska osmotiska teorien.

Del. II: Mätningar.

De undersökta lösningarna och deras framställning.

Det hade ur en rad av förförsök framgått som resultat, att gränspotentialen P för lösningar i beröring med paraffin eller glas i de flesta fall kunde uttryckas som funktion av ledningsförmågan $\varkappa$ under formen

$$P = \text{Konstant} + k . \log \varkappa, \tag{2}$$

där k är en för den lösta substansen karakteristisk konstant. Det är väl icke i första hand den elektriska ledningsförmågan, utan ionkoncentrationen, som är bestämmande för gränspotentialerna, men då dessa båda storheter i många fall ändras proportionellt, och då ledningsförmågan har den fördelen att alltid vara entydigt bestämd och därjämte finnes lätt tillgänglig i tabeller, lämpar den sig bättre att användas som oberoende variabel. Relationen (2) eller den för starka elektrolyter inom grova gränser därmed ekvivalenta

$$P = \text{Konstant} + k \log c, \tag{3}$$

där c är lösningens koncentration, har därför legat till grund dels för valet av koncentrationer hos de undersökta lösningarna, dels också för den grad av noggrannhet, med hvilken dessa lösningar behöft framställas. Vad koncentrationerna angår, visar det sig för en bestämning av den karakteristiska konstanten k lämpligast att variera dem i geometrisk progression, i hvilket fall gränspotentialen P varierar i aritmetisk. Inflytandet på gränspotentialen av ett visst procentiskt fel i koncentrationsbestämningen kan bedömas genom differentiering av (3), varvid erhålles

$$dP = k . \frac{dc}{c}$$

Det högsta funna värdet för k är 58 millivolt. En ändring av P om en millivolt erfordrar därför en procentisk ändring $\frac{dc}{c}$ av koncentrationen om minst $\frac{1}{58}$ eller 1,7 %. Då gränspotantialerna själva under de betingelser, där jag iakttagit dem, visa tillfälliga variationer på en eller annan millivolt, inses alltså, att den erforder-

liga precissionen vid lösningarnas framställning kan uppnås med relativt enkla hjälpmedel.

Det enklaste förfaringssättet vore givetvis att framställa lösningar av de önskade koncentrationerna, och sedan successive införa och undersöka dem i multiplikatorkärlet. Det leder emellertid lätt till oregelbundenheter i utbildandet av gränspotentialerna att ofta helt tömma kärlet, och jag har därför i stället valt följande arbetsmetod.

Utgående från normala lösningar, framställda antingen genom direkt avvägning av ett salt med känd kristallvattenhalt, eller genom utspädning till den i tabeller uppgivna specifika vikten, kontrollerad genom en känslig areometer, har jag genom successiva utspädningar erhållit lösningar av koncentrationerna

$^n/_1 = 1{,}00$ normal
$^n/_5 = 0{,}20$ »
$^n/_{5^2} = 0{,}04$ »
$^n/_{5^3} = 0{,}008$ »
$^n/_{5^4} = 0{,}0016$ »
$^n/_{5^5} = 0{,}00032$ »

Utspädningarna utfördes med hjälp av utvägda pipetter om 25 och 100 ccm. I multiplikatorkärlet infördes först med en pipett 25 ccm destillerat vatten och en lika mängd av den mest utspädda 0,00032 normala lösningen. Sedan den så erhållna 0,00016 normala lösningen vederbörligen mätts, ersattes hälften av densamma med 0,0016 normal lösning o. s. v., så att efter varandra undersöktes lösningarna 1 till 6 av ekvivalentkoncentrationerna.

1; 0,00016
2; 0,00088
3; 0,00444
4; 0,0222
5; 0,111
6; 0,555

Då obegränsad tid finnes för pipettens tömmande och urblåsning, behöver detta förfaringssätt icke medföra felaktigheter överstigande ett par procent.

Då, som vi i det följande skola se, i allmänhet olika elektrolyter ha en likartad inverkan på gränspotentialerna, har det icke varit nödvändigt att särskilt pröva de använda preparatens renhet. Ett par ha varit av märket Merck pur., de övriga ha erhållits från apotek som renast möjliga preparat.

Mätningsserier, sådana som de nämnda, lämpa sig särskilt väl för prövning av formel (2) och beräkning av den karakteristiska konstanten k. Av formlerna (2) och (1)

$$P = \text{konstant} + k.\ \log \varkappa$$

och $$P = \text{konstant} + K + E$$

framgår att man för att bestämma k utom den mätta kompensationspotentialen K även behöver känna log $\varkappa$ och E.

Ledningsförmågan $\varkappa$ har beräknats ur ekvivalentledningsförmågan Λ, erhållen ur Kohlrauschs tabeller genom lineär interpolation. De små fel, som uppstå vid den lineära interpolationen, äro ej av den betydelse att de motivera en omständligare beräkning av Λ.

Vätskepotentialen E mellan den normala KCl-lösningen och försökslösningen har beräknats enligt en allmän formel given av P. Henderson [1].

$$E = \frac{RT}{F} \frac{(u_1 - v_1)\, C_1 - (u_2 - v_2)\, C_2}{(u_1 w_1 + v_1 \bar{w}_1)\, C_1 - (u_2 w_2 + v_2 \bar{w}_2)\, C_2} \ln \frac{(u_1 w_1 + v_1 \bar{w}_1)\, C_1}{(u_2 w_2 + v_2 \bar{w}_2)\, C_2} \quad (4)$$

Index 1 hänför sig till den ena lösningen, index 2 till den andra. Vidare betyda:

E potentialdifferensen mellan 2 och 1

R gaskonstanten

F laddningen hos en gramekvivalent

T absoluta temperaturen. Jag räknar för enkelhets skull med en medeltemperatur av 18° C., alltså $T = 291$

u och v kat- respektive anionens vandringshastighet

w och $\bar{w}$ kat- och anionernas ionvärden

C ekvivalentionkoncentrationen som är

$$C = c \, . \, \frac{\Lambda}{\Lambda_\infty}, \text{ där}$$

c lösningens normalitet

Λ och Λ_∞ ekvivalentledningsförmågorna vid koncentrationerna c och 0.

Hendersons formel kan för vårt behov betydligt förenklas. KCl-lösningen i rörförbindelsen är vald med särskild hänsyn till en enkel beräkning av vätskepotentialerna. Då vi som lösning 2 ha normal KCl-lösning är

$$u_2 = 64{,}6 \quad v_2 = 65{,}5 \quad w_2 = \bar{w}_2 = 1 \quad c_2 = 1 \quad \Lambda_2 = 98{,}3 \quad \Lambda_{\infty\,2} = 130$$

Vi få därför vid utelämnande av index 1 och då

$$\Lambda_\infty = u + v$$

$$c\Lambda = \varkappa \, . \, 10^3, \text{ där } \varkappa \text{ är ledningsförmågan i reciprokohm}$$

$$\frac{RT}{F} \, . \, ln\ 10 = 57{,}7 \text{ millivolt}$$ [2]

och om vi för enhelhets skull sätta

$$\frac{uw + v\bar{w}}{u + v} = p$$

---

[1] Zeitschr. f. Phys. Chemie **63**. 326 och 327. (1908).

[2] Se t. ex. Le Blanc: Elektrochemie 5:te uppl. sid. 169.

följande uttryck: i vilket $\varkappa^1$ står för $\varkappa . 10^3$

$$E = 57{,}7 \frac{u-v}{u+v} \frac{\varkappa^1}{p\varkappa^1 - 98{,}3} \log \frac{p\varkappa^1}{98{,}3} - 57{,}7 \frac{0{,}9}{130} \cdot \frac{1}{\frac{p\varkappa^1}{98{,}3} - 1} \log \frac{p\varkappa^1}{98{,}3} \text{ millivolt}$$

Den andra termen blir i maximum för $\varkappa = \frac{98{,}3}{p}$ mindre än 0,4 millivolt och kan försummas, helst som beräkningen av E just för detta värde på $\varkappa$ är särskilt osäker. Som ett slutligt relativt enkelt uttryck för beräkning av vätskepotentialer erhålles alltså:

$$E = 57{,}7 \frac{u-v}{u+v} \frac{\varkappa^1}{p\varkappa^1 - 98{,}3} \log \frac{p\varkappa^1}{98{,}3} \text{ millivolt.} \quad (5)$$

För alla de använda lösningarna är $p = 1$ utom för $Cu\,SO_4$, där $p = 2$, och $CaCl_2$ där $p = 1{,}44$.

I det speciella fall att försökslösningen är en KCl-lösning får man använda en annan förenkling av Hendersons formel (4) eller

$$E = 57{,}7 \frac{u-v}{u+v} \log \frac{\varkappa^1}{98{,}3} \text{ millivolt.} \quad (6)$$

De oss intresserande egenskaperna hos de undersökta lösningarna äro sammanförda i tabellerna 1—11. I dessa ingå sålunda:

c ekvivalentkoncentrationen eller normaliteten

Λ ekvivalentledningsförmågan

$\log \varkappa . 10^5$, $\varkappa$ är ledningsförmågan i reciprokohm

$\varkappa . 10^3$ för beräkningen av vätskepotentialen

E vätskepotentialen beräknad enligt (5) och (6). Den anges endast då $E \geqq 0{,}3$ millivolt

TABELL 1.

$HC_2H_3O_2$.

$u = 315 \quad v = 35 \quad w = \bar{w} = 1$

c	Λ	log ϰ . 10⁵	ϰ . 10³	E
0,00016	91	0,163		
0,00088	45	0,598		
0,00444	21,9	0,988		
0,0222	10,0	1,346	0,2	
0,111	4,45	1,694	0,5	+ 0,5
0,555	1,93	2,030	1,2	1,1

TABELL 2.

HCl.

$u = 315 \quad v = 65{,}5 \quad w = \bar{w} = 1$

c	Λ	log ϰ . 10⁵	ϰ . 10³	E
0,00016	378	0,772		
0,00088	376	1,520	0,3	
0,00444	374	2,220	1,7	+ 1,2
0,0222	365	2,909	8,1	3,7
0,111	350	3,589	38,9	10,0
0,555	324	4,255	179,8	21,9

TABELL 3.

$KC_2H_3O_2$.

$u = 64{,}6 \quad v = 35 \quad w = \bar{w} = 1$

c	Λ	log ϰ . 10⁵	ϰ . 10³	E
0,00016	99,8	0,203		
0,00088	98,5	0,938		
0,00444	96,1	1,630	0,4	
0,0222	91,2	2,306	2,0	+ 0,6
0,111	83,3	2,966	9,2	1,8
0,555	70,7	3,594	39,3	4,6

TABELL 4.

KCl.

$u = 64{,}6 \quad v = 65{,}5 \quad w = \bar{w} = 1$

c	Λ	log ϰ . 10⁵	E
0,00016	128,9	0,314	+ 1,5
0,00088	127,5	1,050	1,2
0,00444	124,8	1,744	0,9
0,0222	119,7	2,425	0,6
0,111	111,6	3,093	0,4
0,555	102,0	3,753	

TABELL 5.

KOH.

$u = 64{,}6 \quad v = 174 \quad w = \bar{w} = 1$

c	Λ	log ϰ . 10⁵	ϰ . 10³	E
0,00016	238	0,581		
0,00088	234	1,314	0,2	
0,00444	231	2,011	1,0	— 0,6
0,0222	224	2,697	5,0	1,8
0,111	212	3,372	23,6	5,2
0,555	196	4,037	108,9	12,0

TABELL 6.

$NaC_2H_3O_2$.

$u = 43{,}5 \quad v = 35 \quad w = \bar{w} = 1$

c	Λ	log ϰ . 10⁵	ϰ . 10³	E
0,00016	76,6	0,088		
0,00088	75,3	0,821		
0,00444	72,7	1,509		
0,0222	67,5	2,176	1,5	
0,111	60,7	2,829	6,7	+ 0,5
0,555	48,5	3,430	26,9	1,3

TABELL 7.

NaCl.

$u = 43{,}5 \quad v = 65{,}5 \quad w = \bar{w} = 1$

c	Λ	log ϰ . 10⁵	ϰ . 10³	E
0,00016	107,9	0,237		
0,00088	106,7	0,973		
0,00444	104,2	1,665	0,5	
0,0222	99,3	2,343	2,2	— 0,4
0,111	91,6	3,007	10,2	1,3
0,555	80,2	3,649	44,5	3,3

TABELL 8.

NaOH.

$u = 43{,}5 \quad v = 174 \quad w = \bar{w} = 1$

c	Λ	log ϰ . 10⁵	ϰ . 10³	E
0,00016	215	0,537		
0,00088	210	1,267	0,2	
0,00444	204	1,957	0,9	— 0,7
0,0222	202	2,652	4,5	2,2
0,111	195	3,335	21,6	6,4
0,555	172	3,980	95,5	15,4

TABELL 9.

LiCl.

$u = 33{,}4 \quad v = 65{,}5 \quad w = \bar{w} = 1$

c	Λ	log ϰ . 10⁵	ϰ . 10³	E
0,00016	98,0	0,195		
0,00088	96,7	0,930		
0,00444	94,2	1,622	0,4	
0,0222	89,6	2,299	2,0	— 0,7
0,111	81,9	2,959	9,1	2,0
0,555	69,9	3,589	38,8	4,9

TABELL 10.

$CuSO_4$.

$u = 46 \quad v = 68 \quad w = \bar{w} = 2$

c	Λ	log ϰ . 10⁵	ϰ . 10³	E
0,00016	108,7	0,240		
0,00088	99,8	0,944		
0,00444	83,0	1,567	0,4	
0,0222	61,6	2,136	1,4	— 0,3
0,111	43,1	2,680	4,8	0,9
0,555	32,1	3,251	17,8	1,5

TABELL 11.

$CaCl_2$.

$u = 51 \quad v = 65{,}5 \quad w = 2 \quad \overline{w} = 1$

c	Λ	$\log \varkappa . 10^5$	$\varkappa . 10^3$	E
0,00016	114,8	0,264		
0,00088	112,3	0,995		
0,00444	107,3	1,678		
0,0222	99,0	2,342	2,2	
0,111	87,6	2,988	9,7	— 0,7
0,555	74,0	3,614	41,1	1,7

Gränsytan vattenlösning — paraffin.

Efter det angivna schemat har jag i det paraffinbelagda multiplikatorkärlet undersökt lösningar av elva starka elektrolyter, nämligen $HC_2H_3O_2$, HCl, $KC_2H_3O_2$, KCl, KOH, $NaC_2H_3O_2$, NaCl, NaOH, LiCl, $CuSO_4$ och $CaCl_2$. Vid fem av dessa ha utförts dubbla mätningsserier. Av skäl, som senare bli tydliga, ha substanserna valts så, att vandringshastigheten för såväl kat- som anionerna äro i möjligaste mån varierade. Alla de undersökta elektrolyterna följa, vid icke alltför starka utspädningar, rätt väl den angivna relationen (2)

$$P = P_0 + k . \log \varkappa,$$

och k är för alla positiv, d. v. s. paraffinväggen blir vid tillsättandet till det rena vattnet av en elektrolyt vilken som helst alltid mera postitiv.

Vid alla här relaterade mätningar har använts ett och samma glaskärl, men paraffinskiktet och yttersidan ha flera gånger undergått förändringar. Mätningsserierna fördela sig på följande sätt på fyra olika paraffineringar:

Paraffinering n:r 1: HCl, två serier KCl, KOH och $CuSO_4$
» n:r 2: LiCl serie I
» n:r 3: $KC_2H_3O_2$
» n:r 4: $HC_2H_3O_2$, två serier av vardera $NaC_2H_3O_2$, NaCl och NaOH, LiCl serie II och $CaCl_2$.

Dessutom har utförts flera andra paraffineringar, som visat sig mindre lämpliga för kvantitativa mätningar.

Yttersidan av glaskärlet var vid de tre sist utförda serierna $HC_2H_3O_2$, $NaC_2H_3O_2$ serie II och $CaCl_2$ försilvrad, vid de övriga naturlig.

Som förut angivits undersöktes av varje substans efter varandra, och utan att kärlet behövde tömmas sex olika koncentrerade lösningar med början å den mest utspädda. Den tid, som en ny lösning behöver vara i kärlet innan det slutliga elektriska jämviktstillståndet inträtt, är något varierande, dock tyckes

denna variation snarare sammanhänga med paraffineringen än med arten av den upplösta substansen. Vid paraffinering n:r 1 kunde den slutliga avläsningen göras efter i medeltal 15 à 20 minuter. Vid n:r 4 behövdes 25 à 30. För varje lösning har gjorts två avläsningar. Den första, som utförts efter 10 à 20 min., har möjliggjort att redan en stund före den slutliga avläsningen anlägga en tillnärmelsevis riktig kompensationspotential. I de följande tabellerna upptas endast den sista avläsningen.

Att vid mätningsserierna gå från mindre till större koncentrationer har visat sig vara den givet bästa ordningsföljden. Man kan nämligen, sedan man haft en stark lösning i kärlet, tydligt spåra en efterverkan, som ofta behöver avsevärd tid för att utplånas.

Konstanten P_0 är utom av elektrolytens art även beroende av paraffineringen och kärlets yttersidas tillfälliga egenskaper, varför inga som hälst slutsatser kunna dras ur en jämförelse mellan dess värden för olika elektrolyter. Genom mitt mätningsförfarande har jag på allt sätt försökt undvika en ändring av kärlets elektriska tillstånd under försöksseriens gång. Att objektivt kontrollera konstansen av P_0 under serien genom att vid dess slut ånyo mäta en av de mera utspädda lösningarna låter sig tyvärr svårligen göra, dels på grund av den omtalade efterverkan, och dels emedan man ej kan helt tömma kärlet utan att riskera störningar. Risken för en ändring av P_0 är naturligtvis mindre ju kortare tid serien tar.

Resultaten av mätningarna äro sammanfattade i tabellerna 12—27. I dessa anger den första kolumnen lösningarnas nummer och vidare anges:

log $\varkappa \cdot 10^5$ hämtad ur tabellerna 1—11 och avkortad på två decimaler

S strömstyrkan i kompensationskretsen i amp. 10^{-4}. Så liten roll som amperemeterns korrektioner i regeln spela, har jag icke ansett nödigt att ägna särskilda kolumner åt de ursprungliga avläsningarna och korrektionerna, utan anger det korrigerade värdet direkt.

R motståndet i potentialfallstråden i ohm. R sättes positivt då strömmen går från kontaktpunkten B till A.

K kompensationspotentialen i millivolt. $K = SR/10$ ändrar sitt tecken med R. I ett par fall där K varit mycket litet har det bestämts direkt med kännedom om känsligheten.

E vätskepotentialen i millivolt, hämtad ur tabellerna 1—11.

P gränspotentialen $(K + E)$ avkortad på hela millivolt.

k och P_0 de ur ekvationen $P = P_0 + k \log \varkappa \cdot 10^5$ enligt minsta kvadratmetoden beräknade konstanterna. Vid beräkningen ha de mest utspädda lösningarna n:r 1 måst utelämnas, vid $NaC_2H_3O_2$ även n:r 2.

ΔP differensen mellan det genom mätningarna erhållna P-värdet och det enligt formeln återberäknade.

TABELL 12.

$HC_2H_3O_2$ — paraffin.

2 dec. Temp. 18°,3

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,16	38,3	+ 10	+ 38,3		+ 38	(+ 12)
2	0,60	46,7		46,7		47	+ 1
3	0,99	30,6	20	61,2		61	— 3
4	1,35	41,1		82,2		82	+ 2
5	1,69	46,7		93,4	+ 0,5	94	— 2
6	2,03	55,5		111,0	1,1	112	+ 1

k = 45,8

P_0 = + 18,3

TABELL 13.

HCl — paraffin.

26 mars Temp. 18°,0

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,77	18,6	+ 5	+ 9,3		+ 9	(— 6)
2	1,52	44,8	10	44,8		45	0
3	2,22	72,7		72,7	+ 1,2	74	+ 1
4	2,91	46,2	20	92,4	3,7	96	— 4
5	3,59	60,1		120,2	10,0	130	+ 3
6	4,26	66,1		132,4	21,9	154	0

k = 40,0

P_0 = — 16,2

TABELL 14.

$KC_2H_3O_2$ — paraffin.

5 nov. Temp. 18°,0

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,20	36,1	+ 50	+ 180,5		+ 181	(+ 30)
2	0,94	36,2		181,0		181	— 2
3	1,63	42,6		213,0		213	+ 1
4	2,31	48,1		240,5	+ 0,6	241	+ 1
5	2,97	53,5		267,5	1,8	269	+ 1
6	3,59	57,6		288,0	4,6	293	— 1

k = 42,2

P_0 = + 142,9

TABELL 15.

KCl — paraffin.

Serie I.

21 mars Temp. 20°,0

	log ϰ . 10⁵	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,31	18,6	— 10	— 18,6	+ 1,5	— 17	(+ 12)
2	1,05		0	1	1,2	0	+ 1
3	1,74	21,6	+ 10	+ 21,6	0,9	+ 23	— 2
4	2,43	48,7		48,7	0,6	49	— 2
5	3,09	39,8	20	79,6	0,4	80	+ 4
6	3,75	49,5		99,0		99	— 2

k = 37,8
P_0 = — 41,0

TABELL 16.

KCl — paraffin.

Serie II.

23 mars Temp. 18°,5

	log ϰ . 10⁵	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,31	16,6	— 10	— 16,6	+ 1,5	— 15	(+ 7)
2	1,05		0	+ 4	1,2	+ 5	— 1
3	1,74	30,6	+ 10	30,6	0,9	32	0
4	2,43	56,6		56,6	0,6	57	— 1
5	3,09	42,8	20	85,6	0,4	86	+ 5
6	3,75	52,2		104,4		104	— 3

k = 37,4
P_0 = — 33,3

TABELL 17.

KOH — paraffin.

28 mars Temp. 18°,0

	log ϰ . 10⁵	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,58	20,6	+ 10	+ 20,6		+ 21	(+ 4)
2	1,31	37,7		37,7		38	+ 1
3	2,01	56,6		56,6	— 0,6	56	— 2
4	2,70	39,3	20	78,6	1,8	77	0
5	3,37	52,7		105,4	5,2	100	+ 3
6	4,04	63,1		126,2	12,0	114	— 2

k = 28,7
P_0 = — 0,2

TABELL 18.

$NaC_2H_3O_2$ — paraffin.

Serie I.

17 nov. Temp. 17°,0

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,09	39,4	+ 20	+ 78,8		+ 79	(+ 19)
2	0,82	18,7	50	93,5		94	(+ 7)
3	1,51	22,1		110,5		111	+ 2
4	2,18	26,0		130,0		130	— 3
5	2,83	30,8		154,0	+ 0,5	155	0
6	3,43	35,2		176,0	1,3	177	+ 1

k = 34,8
P^0 = + 54,2

TABELL 19.

$NaC_2H_3O_2$ — paraffin.

Serie II.

1 dec. Temp. 18°,5

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,09	47,7	+ 10	+ 47,7		+ 48	(+ 28)
2	0,82	49,2		49,2		49	(+ 7)
3	1,51	32,1	20	64,2		64	— 1
4	2,18	43,9		87,8		88	+ 2
5	2,83	52,7		105,4	+ 0,5	106	— 1
6	3,43	62,9		125,8	1,3	127	0

k = 32,3
P_0 = + 15,9

TABELL 20.

NaCl — paraffin.

Serie I.

19 nov. Temp. 15°,5

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,24	38,3	+ 20	+ 76,6		77	(— 1)
2	0,97	48,3		96,6		97	0
3	1,67	23,0	50	115,0		115	0
4	2,34	26,5		132,5	— 0,4	132	0
5	3,01	29,5		147,5	1,3	146	— 3
6	3,65	34,3		171,5	3,3	168	+ 2

k = 25,8
P_0 = + 71,5

TABELL 21.

NaCl — paraffin.

Serie II.

25 nov. Temp. 15°,0

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,24	48,4	+ 20	+ 96,8		+ 97	(— 8)
2	0,97	24,2	50	121,0		121	— 1
3	1,67	27,6		138,0		138	0
4	2,34	30,9		154,5	— 0,4	154	+ 1
5	3,01	34,6		172,0	1,3	172	+ 3
6	3,65	36,9		184,5	3,3	181	— 3

k = 23,0
P_0 = + 99,6

TABELL 22.

NaOH — paraffin.

Serie I.

18 nov. Temp. 16°,0

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,54	44,8	+ 20	+ 89,6		90	(+ 1)
2	1,27	52,7		105,4		105	+ 1
3	1,96	23,3	50	116,5	— 0,7	116	— 2
4	2,65	26,1		130,5	2,2	128	— 4
5	3,34	30,4		152,0	6,4	146	+ 1
6	3,98	35,4		177,0	15,4	162	+ 4

k = 20,0
P_0 = + 78,5

TABELL 23.

NaOH — paraffin.

Serie II.

26 nov. Temp. 16°,0

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,54	52,3	+ 20	+ 104,6		+ 105	(+ 5)
2	1,27	22,6	50	113,0		113	— 1
3	1,96	25,4		127,0	— 0,7	126	— 2
4	2,65	28,8		144,0	2,2	142	+ 1
5	3,34	32,1		160,5	6,4	154	— 1
6	3,98	37,0		185,0	15,4	170	+ 4

k = 19,8
P_0 = + 88,8

TABELL 24.

LiCl — paraffin.

Serie I.

15 okt. Temp. 20°,0

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,20	28,6	— 20	— 57,2		— 57	(— 7)
2	0,93	20,6		41,2		41	— 2
3	1,62	14,1		28,2		28	0
4	2,30	13,6	— 10	13,6	— 0,7	14	+ 4
5	2,96		0	5,0	2,0	7	+ 1
6	3,59			+ 5,0	4,9	0	— 2

k = 15,3
P_0 = — 52,8

TABELL 25.

LiCl — paraffin.

Serie II.

9 nov. Temp. 18°,0

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,20	62,3	— 50	— 311,5		— 312	(— 3)
2	0,93	60,7		303,5		304	— 1
3	1,62	59,5		297,5		298	+ 3
4	2,30	56,4		282,0	— 0,7	283	— 2
5	2,96	54,5		272,5	2,0	275	— 1
6	3,59	52,7		263,5	4,9	268	+ 1

k = 14,3
P_0 = — 318,2

TABELL 26.

$CuSO_4$ — paraffin.

26 mars Temp. 19°,5

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,24	15,6	— 5	— 7,8		— 8	(+ 3)
2	0,94	20,6	+ 5	+ 10,3		+ 10	0
3	1,57	25,6	10	25,6		26	— 1
4	2,14	44,8		44,8	— 0,3	44	0
5	2,68	60,6		60,6	0,9	60	+ 1
6	3,25	37,7	20	75,4	1,5	74	— 1

k = 28,3
P_0 = — 17,0

TABELL 27.

$CaCl_2$ — paraffin.

14 dec. Temp. 17°,0

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,26	33,7	+ 20	+ 67,4		+ 67	(— 7)
2	1,00	41,9		83,8		84	+ 2
3	1,68	49,4		98,8		99	— 1
4	2,34	55,3		110,6		111	— 2
5	2,99	23,9	50	119,5	— 0,7	119	0
6	3,61	25,9		129,5	1,7	128	+ 2

k = 16,6
$P_0 = + 69,7$

Utom dessa fullständiga mätningsserier har genom halvkvantitativa mätningar konstaterats, att *k* för *KJ* är nära 38 och för $ZnSO_4$ och $CdSO_4$ nära 28.

Gränsytan vattenlösning — glas.

Efter samma metoder som vid paraffin har jag undersökt gränspotentialerna mot glas, varvid användes en bägare av vanligt simpelt (förmodligen Thüringer) glas. Medan vid paraffin tillsättandet av en elektrolyt, vilken som helst, till det rena vattnet alltid ändrar gränspotentialen i samma riktning och gör paraffinet mera positivt, har vid glaset endast syror och baser en mera utpräglad verkan. Syrorna göra glaset mera positivt, baserna mera negativt. För neutralsalter är effekten helt obetydlig och går i samma riktning som för syrorna.

För att påvisa detta anför jag i tabellerna 28, 29 och 30 och den till dessa tabeller hörande fig. 7 tre mätningsserier å HCl, KOH och KCl, utförda inom loppet av 30 timmar och efter det att glaskärlet blivit rengjort med kaliumbikromat och svavelsyra.

TABELL 28.

HCl — glas

3 april Temp. 18°,7

	log ϰ . 10^5	S	R	K	E	P	ΔP
1	0,77	45,0	+ 50	+ 225,0		225	(— 75)
2	1,52	34,4	100,1	344,3		344	0
3	2,22	38,1		381,4	+ 1,2	383	— 1
4	2,91	42,3		423,4	3,7	427	+ 2
5	3,59	45,1		451,5	10,0	462	— 2
6	4,26	48,2		482,5	21,9	504	+ 1

k = 58,2
$P_0 = + 255,1$

TABELL 29.

KOH — glas.

2 april Temp. 18,5

	$\log \varkappa . 10^5$	S	R	K	E	P	Diff.
1	0,58	40,4	+ 50	+ 202,0		+ 202	(55)
2	1,31	31,3		156,5		157	206
3	2,01	24,1	— 20	— 48,2	— 0,6	— 49	49
4	2,70	19,3	50	96,5	1,8	98	15
5	3,37	21,6		108,0	5,2	113	10
6	4,04	22,1		110,5	12,0	123	

TABELL 30.

KCl — glas.

3 april Temp. 18°,0

	$\log \varkappa . 10^5$	S	R	K	E	P	P — Pm
1	0,31	22,5	+ 100,1	+ 225,2	+ 1,5	+ 227	— 7
2	1,05	28,8		228,2	1,2	229	— 5
3	1,74	22,6		226,2	0,9	227	— 7
4	2,43	23,4		234,2	0,6	235	+ 1
5	3,09	24,8		248,2	0,4	249	+ 15
6	3,75	23,8		238,2		238	+ 4

Pm = 234

Gränspotentialen följer vid HCl lösningarna relationen (2)

$$P = 255{,}1 + 58{,}2 \log \varkappa . 10^5 \text{ millivolt.}$$

Snarlika relationer mellan P och $\varkappa$ äro funna genom halvkvantitativa mätningar å HNO_3 och H_2SO_4.

KOH följer, som man ser av differenserna mellan de olika P-värdena i den sista kolummen av tab. 29 eller av figuren, icke relationen (2).

Vid KCl är inverkan liten och föga regelmässig. *Pm* i tab. 30 betyder medelvärdet av P för de sex lösningarna.

Verkan av neutralsalter framträdde något tydligare, då glaskärlet icke så nyligen var rengjort, dock var den för samma salt vid olika tider tämligen olika. En betydligt större och säkrare effekt av neutralsalter kan härledas ur mina tidigare mätningar å elektrodpotentialer [1]. Orsaken kan, som jag

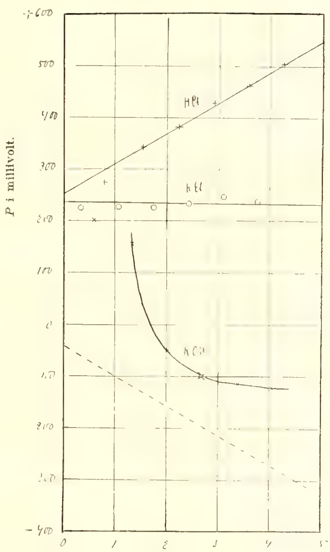


Fig. 7.

[1] Ann. d. Phys. (4) **42**. 1129. (1913).

angivit i ett senare meddelande [1], bero på föroreningar av glasytan. Det föreligger emellertid även två andra möjliga orsaker. Dels var det då använda kärlet av en annan glassort (troligen av resistensglas) och dels det använda, i glaskärl två gånger destillerade vattnet utan tvivel bättre och genom användandet av metallelektroder mindre utsatt för förorening.

Gränspotentialerna mot glas visa en påfallande likhet med potentialerna vid en väteelektrod, vilket redan är känt genom undersökningar efter en annan metod, utförda av Haber och Klemensiewicz (se sid. 3). Jag kan på grund av mina mätningar särskilt hänvisa till den utmärkta överensstämmelsen vid lösningar av syror. Den för HCl funna konstanten $k = 58{,}2$ är inom gränserna av försöksfelen identisk med den av Nernsts teori angivna 57,8 vid 18°,7. Vid KOH-lösningarna är överensstämmelsen mindre god. Hade glasets elektrodverkan varit fullständig, skulle enligt teorien skillnaden i P för en lösning av en syra och ett alkali varit:

$$P_{(\text{syra})} - P_{(\text{alkali})} = 57{,}7 \log \frac{C_{H^{\cdot}\,(\text{syra})}}{C_{H^{\cdot}\,(\text{alkali})}} \text{ millivolt}$$

och

$$C_{H^{\cdot}\,(\text{alkali})} \cdot C_{OH'\,(\text{alkali})} = 0{,}6 \cdot 10^{-14} = \text{vattnets ionprodukt vid } 18^0.$$

Ta vi differensen för 0,00088 normala lösningar erhålles, om vi förutsätta fullständig dissociation:

$$P_{0{,}00088\,\text{n. HCl}} - P_{0{,}00088\,\text{n. KOH}} = 57{,}7 \log \frac{\overline{0{,}00088}^2}{0{,}6 \cdot 10^{-14}} = 468 \text{ millivolt.}$$

Denna relation ger oss en punkt av den i fig. 7 streckade räta linje, som skulle angett gränspotentialerna vid fullständig elektrodverkan.

Gränsytan vattenlösning — kvarts.

Vid mätningarna användes ett kärl av klar kvarts, utvändigt nedtill försilvrat. Kvartsens stora isolationsförmåga betingar, som på sid. 11 beskrivits, ett annat mätningsförfarande än i de övriga fallen. Då emellertid gränspotentialerna vid kvartsen icke erbjuda något väsentligt nytt, skall jag icke ingå på de metodiska enskildheterna, utöver vad som redan är gjort.

Kvalitativt äro gränsytans elektriska egenskaper desamma som vid glas. Den kvantitativa överensstämmelsen med potentialsprången vid en väteelektrod är emellertid betydligt sämre, vilket framgår av den i tab. 31 sammanfattade mätningsserien. Tabellen, i vilken använts samma beteckningar som förut, torde utan vidare vara begriplig. En ny lösning har införts omedelbart efter den sista avläsningen å den föregående. Kärlet har under hela serien aldrig tömts mer än till hälften.

[1] Ann. d. Phys. (4) 45. 929. (1914).

TABELL 31.

Vattenlösningar — kvarts.

23 jan. 1915 Temp. 18°

Lösning	Minuter	S	R	K	E	P	$P - P_{H_2O}$
H_2O	0	32,6	+ 50	+ 163		+ 163	
0,0004 n. HCl	9 29	54,8 30,4	100,1	274 304	+ 1	275 305	+ 142
0,5 n. HCl	38 43	33,4 33,4		334 334	+ 21	355 355	+ 192
0,5 n. NaOH	60 69	20,6 18,6	10	21 19	— 15	6 4	— 159

Genom blindförsök har konstaterats att de metodiska felen vid en sådan serie högst uppgå till ett par centivolt. Ett synligt stöd för detta är konstansen av kompensationspotentialen under tiderna 38—43 och 60—69 minuter. Differensen i gränspotentialen mellan 0,5 normal HCl och 0,5 normal NaOH är 351 millivolt (mot 626 för 0,555 n. HCl — 0,555 n. KOH vid glas). Vid en annan mätning erhölls för samma differens värdet 362 millivolt.

Neutralsalter ändra potentialsprånget mot kvarts ytterst litet. Genom mätningar växelvis å H_2O och 0,555 normala lösningar av KCl, $CuSO_4$ och LiCl fann jag på differensen $P - P_{H_2O}$ följande värden för: KCl + 5, $CuSO_4$ + 3 och LiCl —4 millivolt.

Del. III: Teori.

Gränspotentialerna fast kropp — lösning i allmänhet.

Vi vända oss först till gränsytorna mellan fasta kroppar och vätskor. Vår kunskap om dessa gränsytors elektriska förhållanden erhålles dels genom direkta mätningar av potentialsprången, och dels genom metoder, som i avseende på gränspotentialerna kunna betecknas som indirekta. Bland dessa senare ha vi framför allt att märka dem, som röra studiet av de elektrokinetiska fenomenen: elektroendosmosen, eller materiella strömningar som följd av elektriska strömmar i kapillärrör, och dess omvändning, strömningsströmmarna, samt kataforesen eller suspenderade partiklars rörelse i det elektriska fältet och dess omvändning skakningsströmmar, strömmar genom fallande partiklar etc.

Alla de elektrokinetiska fenomenen låta förklara sig genom antagandet av ett potentialsprång i vätskan i närheten av beröringsytan med den fasta kroppen, och som resultat av omfattande undersökningar har framgått, att man vid alla de olika fenomenen erhåller överensstämmande värden på dessa potentialsprång. Anmärkningsvärt är att man vid dessa indirekta metoder får kännedom om det mätta potentialsprångets absoluta storlek och kommer undan den obestämda konstant, som alltid uppträder vid de direkta. Det är emellertid icke tillåtet att sätta likhetstecken mellan den elektokinetiskt effektiva potentialdifferensen och den totala. Teorien för de elektrokinetiska fenomenen visar, att det endast är potentialdifferensen mellan den vid den fasta kroppen anhäftande vätskan och vätskans inre, som här kommer till synes. Vad som försiggår längst inne vid beröringsytan, undandrar sig all uppmärksamhet.

Skillnaden mellan de enligt olika metoder observerade potentialsprången ha blivit särskilt omdebatterade för beröringsytan metall-lösning. Det är denna skillnad, som här betingar oöverensstämmelsen mellan den Helmholtzska och den Billitzerska nollpotentialen. Billitzer stödde sig på elektrokinetiska försök av olika slag med metaller. Genom variation av lösningarna kunde han åstadkomma en ändring av tecknet för det elektrokinetiskt effektiva potentialsprånget. Då han identifierade det observerade potentialsprånget med det av Helmholtz och Nernst angivna, er-

höll han emellertid en nollpunkt, som med 0,7 volt skiljer sig från den HELMHOLTZska, sådan denna, tämligen samstämmigt, härletts ur mätningar å droppelektroder, kapillarelektrometrar, randvinklar och fotoelektriska effekter. Differensen mellan BILLITZERS och HELMHOLTZS nollpotentialer tyder starkt på det otillåtna i den av BILLITZER gjorda identifieringen. Vad som i detta avseende gäller beröringsytan metall-lösning, torde utan vidare kunna överföras till beröringsytor med andra fasta kroppar [1].

Ta vi särskilt sikte på beröringsytor av vätskor och fasta dåliga ledare, så föreligga här endast sparsamt med direkta mätningar av potentialsprånget. F. HABER och Z. KLEMENSIEWICZ [2] utförde 1909 mätningar å glas, vilka redan omnämnts i den metodiska delen av avhandlingen. De undersökte särskilt gränspotentialerna mot lösningar av syror och baser och funno att glaset var att betrakta som en vätelektrod. Den funna differensen mellan gränspotentialerna vid en starkt sur som och en starkt basisk lösning går dock ej fullt upp till det teoretiska värdet för en väteelektrod. Efter allt att döma stå dessa resultat i bästa överensstämmelse med mina egna mätningar å glas. Det sätt, på vilket jag varierat koncentrationerna, gör emellertid fenomenen betydligt överskådligare, och särskilt blir jag i tillfälle att påvisa att överensstämmelsen vid syror är utomordentligt god, och att det är vid baserna, som avvikelser från teorien förekomma.

De elektrokinetiska fenomenen äro vid beröringsytor av ifrågavarande slag rätt utförligt undersökta. Jag förbigår alldeles de äldre undersökningar, som huvudsakligen sysselsätter sig med de olika elektrokinetiska fenomenen inbördes fysikaliska samband, och relaterar endast sådana, som behandla potentialsprånget och särskilt dess beroende av upplösta elektrolyter. De viktigaste undersökningarna på detta område äro av J. PERRIN [3] och av G. v. ELISSAFOFF [4] med en teoretisk del av FREUNDLICH och ELISSAFOFF.

PERRIN fann att i beröring med rent vatten ladda sig de flesta fasta ämnen negativt så t. ex. glas, kvarts, schellak, karborundum etc. En annan grupp, särskilt en del oxider ladda sig positivt. Till den första gruppen höra de svagt sura till den senare de svagt basiska substanserna. Då i mycket om den ena gruppen gäller motsatsen till det, som kan sägas om den andra, gå vi endast närmare in på det mest undersökta fallet, gränsytor, vid vilka den fasta kroppen laddar sig negativt mot rent vatten. I ett strömgenomflutet kapillärrör av ett sådant ämne (t. ex. glas) innehållande rent vatten är alltså vattnet självt positivt och överföres med strömmen till den negativa polen. Upplöses en syra eller ett salt i vattnet, minskas den överförda mängden och blir vid en tillräcklig koncentration noll. Med syror kan man i vissa fall, dock ej vid glas, överskrida denna nollpunkt och få väggen positivt laddad i förhållande till lösningen. Tillsättes ett alkali ökas i allmänhet den

[1] För denna framställning jämför H. Freundlich: Kapillarchemie (1909) sid. 243—249.
[2] Zeitschr. f. Phys. Chemie **67**. 385. (1909).
[3] Compt. Rend. **137**. 513. (1909). Journ. chim. phys. **2**. 601. (1904).
[4] Zeitschr. f. Phys. Chemie **179**. 382 (1915).

till negativa polen överförda vätskemängden. Inverkan av andra ämnen än syror och baser har Perrin endast undersökt i svagt sura eller alkaliska lösningar. Han finner att deras urladdande verkan på potentialsprånget stiger med ionvärdet. Syrornas och basernas enastående inflytande förklarar han genom *H*- och *OH*- ionernas större rörlighet.

Elissafoff utförde sina mätningar på den elektriska endosmosen med kapillärrör av glas och kvarts. Den på tidsenheten till den negativa polen överförda vätskemängden, som enligt teorien är proportionell mot det elektrokinetiskt effektiva potentialsprånget, var för rent vatten i en viss enhet 50. En i vattnet upplöst elektrolyt åstadkommer en minskning Δv av den överförda mängden och Elisafoff fann att

$$\Delta v = k \,.\, \ln\, c + \nu$$

där c är lösningens koncentration k och ν konstanter. Det är särskilt konstanten k, som karakteriserar den upplösta substansens inverkan. Ur mätningarna framgår, att k växer med den positiva ionens värde. *H*-ionen ger ett större värde på k än andra anorganiska envärda ioner, särskilt stort är det vid de organiska syrorna. Kationerna av de tunga metallerna och organiska baserna verka starkare, än vad som motsvarar deras ionvärde, ja till och med starkare än *H*-ionen. NaOH och KOH åstadkomma vid de använda små koncentrationerna vid glas ingen tydlig minskning av den överförda mängden, vid kvarts en betydlig ökning.

I den teoretiska delen framhålla Freundlich och Elissafoff med stöd av de anförda mätningsresultaten dels det omöjliga i att lägga ionernas rörlighet till grund för deras olika inverkan. Dels anse de också resultaten oförenliga med det av Haber påvisade (och av mig bekräftade) uppträdandet av glaset som en väteelektrod. Därvid tyckes emellertid Freundlich i detta sitt senare arbete negligera den av honom tidigare i hans »Kapillarchemie» så starkt framhållna skillnaden mellan de verkliga gränspotentialerna och de elektrokinetiskt mätbara. En elektrodverkan kan mycket väl existera utan att giva sig särskilt mycket tillkänna vid de endosmotiska undersökningarna. Och vidare är det särskilt att lägga märke till att Elissafoffs mätningar äro utförda med ytterst svaga lösningar. Koncentrationen överstiger endast i undantagsfall 0,001 normal. Vid de koncentrationer, som av Haber och av mig använts har den kinetiskt effektiva potentialdifferensen redan längesen försvunnit. Det torde ligga nära tillhands att förklara detta försvinnande så, att vid rent vatten eller mycket utspädda lösningar sträcker sig potentialsprånget så långt ut i vätskan, att en del däraf får inverkan på de elektrokinetiska fenomenen. Vid tillsats av elektrolyter blir potentialsprånget dels mindre och kommer dels att ligga närmare intill väggen i det orörliga vätskeskiktet varigenom det undandrar sig observation genom endosmotiska och liknande mätningar. Faktiskt inta nu även i de Elissafoffska mätningarna syror och baser en särställning. Och då man vid större koncentrationer kan så direkt påvisa glasets uppträdande som väteelektrod, måste alltjämt en elektrodverkan bli den enklaste förklaringen på denna särställning.

Om man alltså enligt min mening även vid de elektrokinetiska fenomenen i syrornas och basernas egenartade uppträdande har att spåra en elektrodverkan, så räcker denna naturligtvis icke till att förklara alla de övriga här iaktagna fenomenen. Många forskare ha tänkt sig en förklaring i gränsskiktets olika adsorbtion av de skilda ionslagen. Jag hänvisar härför till FREUNDLICHS Kapillarchemie. FREUNDLICH och ELISSAFOFF framföra på grundval av den senares mätningsresultat en ny hypotes. De återföra gränspotentialernas ändringar på elektrolyternas adsorbtion under den förutsättningen, att väggens elektriska egenskaper har sina egna orsaker. Den negativa väggen skulle till gränsskiktet lämna mångvärdiga anioner, som sedan komma i dissociationsjämvikt med den ur lösningen adsorberade elektrolytens kationer. Olika adsorbtion av de olika substanserna skulle betinga förskjutningar av dissociationsjämvikten och gränsskiktets laddning. Det genom hypotesen givna sambandet mellan potentialsprång och adsorbtion låter väl förena sig med den allmänna kännedom man har om adsorbtionen. Några adsorbtionsmätningar å glas eller kvarts till belägg för teorien äro dock ej ännu utförda.

FREUNDLICH har även visat att det mellan de elektrokinetiska fenomenen och fällningen av suspensionskolloider råder en parallellism, som får anses som experimentellt tämligen väl grundad.

Till frågan om lagarna för de olika ionernas inverkan på gränspotentialerna har jag genom mina mätningar kommit i en annan och i dubbel måtto gynnsammare ställning än PERRIN och FREUNDLICH-ELISSAFOFF. Mina mätningar beröra dels hela potentialsprånget i gränsytan och icke endast den elektrokinetiskt verksamma delen. Den fullkomligt oavgjorda frågan angående sambandet emellan dessa potentialdifferenser betingar en stor osäkerhet i underlaget för de tidigare framställda hypoteserna. Dels har jag i paraffin funnit en substans, som, i övrigt fullkomligt uppträdande som ett negativt ämne, saknar varje spår av elektrodverkan i den meningen, att någon speciell ionart skulle i sina verkningar inta en särskilt i ögonen fallande ställning. Tvärtom låta mätningsresultaten för de olika elektrolyterna på grund av ionernas allmänna egenskaper enkelt och otvunget inordna sig i ett allmänt schema.

Gränspotentialerna vid paraffin.

I det föreliggande siffermaterialet är det lätt att finna en hel del enkla lagbundenheter, så t. ex. att för ämnen med gemensam kation värdet av k minskar med stigande vandringshastighet hos anionen. De undersökta substanserna ha också blivit valda med särskild hänsyn till ett uppklarande av vandringshastigheternas inflytande. Vidare synes k i några fall bestå av oberoende tillskott från kat- och anionena, vilket framgår av följande differenser mellan k-värden:

$HC_2H_3O_2 : 45{,}8 > 3{,}6$
$KC_2H_3O_2 : 42{,}2 > 8{,}6$
$NaC_2H_3O_2 : 33{,}9$

$HCl : 40{,}0 > 2{,}4$
$KCl : 37{,}6$

$KOH : 28{,}7 > 8{,}8$
$NaOH : 19{,}9$

$HCl : 40{,}0 > 4{,}2$
$HC_2H_3O_2 : 45{,}8$

$KCl : 37{,}6 > 5{,}4$
$KC_2H_3O_2 : 42{,}2 > 13{,}5$
$KOH : 28{,}7$

$NaC_2H_3O_2 : 33{,}6 > 13{,}7$
$NaOH : 19{,}9$

Där mer än en bestämning av k är gjord, har jag tagit ett medelvärde. NaCl är ett undantag från detta schema. För att passa dit borde dess k-värde vara 4 eller 5 enheter större. Dessa regelmässigheter kunna emellertid uppfattas som utslag av en allmännare, men mindre lättillgänglig relation, vilken kanske enklast klargöres på grundval av en kort teoretisk behandling av de elektriska fenomenen i gränsytan.

En möjligast allmän utgångspunkt erhålles i den termodynamiska relationen för ett potentialsprång mellan tvenne delar, A och B, av ett system, där den elektriska jämvikten bestämmes genom rörelsen av positiva och negativa ioner. Koncentrationerna för de positiva ionerna i punkterna A och B antas vara p och p' och för de negativa n och n'. Kationerna ha w, anionerna $\bar{w}$ laddningar. Mellan A och B går en ström, som förmedlas av x anioner i den ena riktningen mot $1-x$ kationer i den andra. x är alltså anionernas överföringstal. Potentialdifferensen P_{B-A} är då: [1]

$$P = \frac{RT}{Fw}(1-x)\, ln \frac{p}{p'} - \frac{RT}{F\bar{w}}\, x\, ln \frac{n}{n'}$$

där R är gaskonstanten, T absoluta temperaturen och F laddningen hos en gramekvivalent. Tänka vi oss nu A i lösningen, B i ett *antaget, oföränderligt* skikt på gränsytan till paraffinet blir

$$p = n = \text{konstant} \,.\, \varkappa$$

och

$$p' = \text{konstant}$$
$$n' = \text{konstant}$$

och alltså

$$P = \frac{RT}{F}\left(\frac{1-x}{w} - \frac{x}{\bar{w}}\right) ln\, \varkappa + \text{konstant}$$

eller

$$P = 57{,}7 \left(\frac{1-x}{w} - \frac{x}{\bar{w}}\right) \log \varkappa + \text{konstant} \tag{7}$$

Jämföres (7) med den empiriska relationen (2)

$$P = k \log \varkappa + \text{konstant}$$

erhålles

$$k = 57{,}7 \left(\frac{1-x}{w} - \frac{x}{\bar{w}}\right) \tag{8}$$

---

[1] Se Nernst, Zeitschr. f. Phys. Chemie 4. 129. (1889).

och ur denna relation kunna anionernas överföringstal x beräknas. Det visar sig vara av ett stort intresse att jämföra dessa överföringstal med de vanliga överföringstalen $\frac{v}{u+v}$ för anionerna vid strömgenomgång av utspädda lösningar.

I tabellen 32 har jag gjort en sammanställning av mätningsresultaten.

k är konstanten i relationen (2). Vid dubbla mätningar av k anges medelvärdet.

x är anionens överföringstal enligt (8).

$\frac{v}{u+v}$ är anionens vanliga överföringstal.

TABELL 32.

Substans	k	x	$\frac{v}{u+v}$	$x:\frac{v}{u+v}$	Kationens atomvikt
$HC_2H_3O_2$	45,8	0,103	0,100	1,03	1,0
HCl	40,0	0,153	0,172	0,89	
LiCl	14,8	0,372	0,662	0,56	6,9
$NaC_2H_3O_2$	33,6	0,209	0,446	0,47	23,0
NaCl	24,4	0,289	0,601	0,48	
NaOH	19,9	0,328	0,800	0,41	
$KC_2H_3O_2$	42,2	0,134	0,351	0,38	39,1
KCl	37,6	0,174	0,504	0,35	
KOH	28,7	0,251	0,728	0,35	
$CaCl_2$	16,6	0,142	0,562	0,25	40,1
$CuSO_4$	28,3	0,017	0,597	0,03	63,6

Vid $CaCl_2$ har jag räknat med en dissociation enligt

$$CaCl_2 \rightleftarrows Ca^{\cdot\cdot} + 2Cl',$$

vilket icke torde vara fullt korrekt.

En ändring av k om en enhet åstadkommer en ändring av $x:\frac{v}{u+v}$ om: 0,08 för $HC_2H_3O_2$, 0,05 för HCl och 0,02 à 0,01 för de övriga substanserna.

Av tabellen framgår:

1:o att förhållandet mellan överföringstalen $x:\frac{v}{u+v}$ är anmärkningsvärdt konstant för ämnen med samma kation,

2:o att detta förhållande ligger mellan 1 och 0,

3:o att förhållandets värde avtar med stigande atomvikt hos kationen.

Resultaten av de halvkvantitativa mätningarna å KJ, $ZnSO_4$ och $CdSO_4$ passa gott in i detta schema.

Om gränspotentialernas natur och orsaker.

Innan jag med några slutsatser och allmänna reflektioner går att avsluta min undersökning, måste jag anföra några nyligen utförda, intressanta och omfattande undersökningar av R. Beutner[1], rörande gränspotentialerna mellan vattenlösningar och med vatten icke blandbara organiska substanser, som stå mina egna mycket nära, så att våra mätningar i viss mån kunna sägas komplettera varandra. I ett avseende är Beutner betydligt mera utförlig, i det hans undersökningar omfatta ett stort antal organiska substanser och blandningar. På grund av mätmetodens art äro alla dessa väl ledande. I sina första arbeten har Beutner varierat koncentrationerna av lösningarna, och detta ungefär inom samma område som jag. Han finner därvid att sura organiska substanser bli mera positiva vid tillsatts av en elektrolyt, basiska mera negativa. Paraffinet vid mina mätningar skulle enligt denna regel uppträda som en sur substans. I sitt sista arbete undersöker Beutner $^1/_{10}$ normala lösningar av olika elektrolyter och finner deras verkan vid de skilda organiska substanserna någorlunda likartad. Teoretiskt återför Beutner gränspotentialerna på en fördelning av ionerna mellan vattnet och den organiska substansen, och anser att de helt kunna förklaras på grundval av massverkningslagen, fördelningslagen och den elektriska fasgränsregeln. Detta stödes också genom experimentella bestämningar av fördelningskoefficienter. Särskilt förkastar Beutner varje tanke på adsorbtionspotentialer.

Beutner har icke alls numeriskt behandlat sina mätningsresultat, och ej heller föreligger vid någon substans tillräckligt material för att med säkerhet pröva giltigheten av relationer, liknande dem jag funnit vid paraffin. Så vitt jag kunnat se, finnas åtskilliga olikheter, och i varje fall giva de slutsatser Beutner drar ur sina mätningar ingen förklaring åt de lagbundenheter jag funnit. Det är också mycket möjligt att en god ledningsförmåga hos den organiska substansen stör utbildandet av potentialer, sådana som iakttagits vid paraffin, eller ersätta dem med andra.

Ur mina mätningar framgår att ionernas vandringshastighet spelar en betydlig roll. Detta tyckes visa att det studerade potentialsprånget är förlagt till lösningen, och för syrorna, där överföringstalet funnits vara det ordinära, t. o. m. i ett tämligen oförändrat gränsskikt av densamma.

Angående förhållandet mellan de direkt mätta gränspotentialerna och de elektrokinetiskt verksamma är tillsvidare säkrast att ingenting säga, intill dess att fullt jämförbara mätningar, alltså å samma material, föreligga. Dock kan påpekas att kationernas atomvikt gör sig gällande såväl i Elissafoffs mätningar å glas och kvarts som i mina å paraffin om också på olika sätt. Vid elektroendosmosen synes

[1] Se noten sid. 8.

denna inverkan direkt i värdet av konstanten k, vid mina potentialbestämningar framkommer den tydligt först i förhållandet $x : \frac{v}{u + v}$ (tab. 32).

Söker man sätta mina resultat i relation till teorien om adsorbtionspotentialer eller till den Freundlich-Elissafoffska, så kan man väl icke i mina resultat finna något, som är direkt svårförenligt med dessa teorier (så som med de Beutnerska fördelningspotentialerna), men man kan icke heller ur någon av dessa teorier förutsäga fenomen sådana som de iakttagna. Detta framgår också av teoriernas natur. Deras mål är att återföra gränspotentialerna på kemiskt mätbara effekter såsom adsorbtion och delningskoefficienter, och mätningen av dessa äro ännu ej utförda på det föreliggande materialet. Betraktar man emellertid som slutmål för studiet av gränsskikten ett uppklarande av de intermolekylära krafter, som ligga till grund för deras egenskaper, så kan det sättas i fråga, om icke gränspotentialerna äro av minst lika primärt intresse, som de kemiskt synliga verkningarna, och lika lätt eller lättare föra oss till kunskap om de intermolekylära krafterna. Vid de kemiskt minst invecklade fallen, har man därvid att vänta det största fysikaliska utbytet. Gränsytan mellan lösningar och paraffin torde genom paraffinets egenskaper representera ett typiskt fall av detta slag. Också inbjuda mina resultat närmast till ett teoretiserande på en mera fysikalisk grundval.

Det kan påpekas att man förut t. ex. i Coehns [1] regel, att vid beröring mellan tvenne dåliga ledare den blir positivt laddad, som har den största dielektricitetskonstanten, har exempel på en empirisk lagbundenhet av rent fysikalisk natur.

Det ännu föreliggande empiriska materialet tillåter dock knappast en teoretisk behandling av gränskrafterna utan alltför många lösa antaganden. Vad som framför allt saknas och behöves är fullt jämförbara mätningar, i ett teoretiskt enkelt fall, av de olika fenomenen vid en och samma gränsyta. Jag måste därför nöja mig med det gjorda halvt teoretiska, halvt empiriska påvisandet av några enkla lagbundenheter i mina resultat. Jag får emellertid i detta sammanhang omnämna att en undersökning av ytspänningen i gränsytan vattenlösning-paraffinolja och dess beroende av lösningens art och koncentration för närvarande vid Fysiska Institutionen i Lund är under utförande.

[1] Wied. Ann. **64**. 217. (1898) och **66**. 1191. (1898). Zeitschr. f. Phys. Chemie **25**. 651. (1898).

Sammanfattning.

1. För mätning av potentialen på en fri yta har utarbetats en ny metod, och i samband härmed har konstruerats tvenne instrument, potentialmultiplikatorerna *A* och *B*.
2. Den nya metoden har särskilt visat sig användbar och vidare utformats för mätning av gränspotentialerna mellan lösningar och dåliga ledare.
3. En möjlighet har även blivit given att mäta potentialsprånget mot ett godtyckligt väl isolerande ämne.
4. Undersökningar ha utförts å potentialsprången vid gränsytorna av lösningar mot glas, kvarts och paraffin. Vid glas har det av HABER förut påvisade uppträdandet av glaset som en väteelektrod ytterligare bestyrkts och numeriskt belysts. Även klar kvarts visar en sådan elektrodverkan, ehuru mindre utpräglad och kvantitativt påtaglig.
5. Vid paraffin gäller vid lösningar av 11 närmre undersökta substanser för gränspotentialen P relationen

$$P = \text{konstant} + k \log \varkappa,$$

   där k är en för substansen karakteristisk konstant.
6. Konstanten k har i den teoretiska delen visats stå i nära relation till ionernas vandringshastigheter och kationernas atomvikt.
7. Av en jämförelse med andra närbesläktade mätningar synes framgå att gränsytan lösning-paraffin representerar ett särskilt enkelt fall. Också har den genom mina mätningar blivit mera utförligt behandlad än någon annan dylik gränsyta i avseende på sina elektriska egenskaper.

Kurze Übersicht.

Es wird in dieser Arbeit eine elektrostatische Methode zur Messung des Potentials einer freien Oberfläche, deren allgemeinen Hauptzüge schon früher [1] angegeben sind, ausführlich besprochen und die konstruirten Apparate mit Hilfe der Photografien (Figg. 1—4) beschrieben. Besonders ist die Anwendbarkeit der Methode zur Bestimmung der Grenzpotentiale von Lösungen gegen schlechten Leitern oder Isolatoren den Gegenstand der experimentellen Prüfung gewesen. Die Lösungen werden in einem geeigneten Gefäss enthalten, und das Potential an der Aussenseite des Gefässes beobachtet. Eine Änderung des Grenzpotentiales an der Gefässwand lässt sich erstens dann bestimmen wenn die Leitung durch die Wand, wenn auch an sich sehr klein, jedoch gross genug ist um das Potential der Aussenseite allmählich zu bestimmen. Dies war den Fall bei einem Gefäss aus gewöhnlichem (Thüringer) Glas und auch wenn ich, um die Grenzpotentiale an Paraffin zu messen, das Gefäss inwendig mit einer Schicht aus dieser Substanz überzogen hatte. Um den Potentialsprung gegen die Luft konstant zu halten ist es am besten die Aussenseite dess Gefässes zu versilbern. Die Hauptzüge des Verfahrens beim Messen an Glas und Paraffin sowie einige der Resultate sind schon frühen veröffenlicht worden [2].

Eine Messung wird zweitens auch dann möglich, wenn die Leitung durch die Wand klein ist sogar im Vergleich zu der der umgebenden Luft. Dieser Fall war bei einem Gefäss aus durchsichtigem Quartz realisiert. Ist das Gefäss aussen versilbert, bewirkt nämlich eine jede Änderung des Potentials der inneren Grenzfläche eine entsprechende Verschiebung der Verteilung der Elektricität an der äusseren Silberschicht, die obserwiert und kompensiert werden kann. Das Kompensationspotential giebt dann Aufschluss über die Grösse der Änderung des Kompensationspotentiales.

Die Resultate meiner Messungen der Grenzpotentiale verschieden koncentrierter Lösungen gegen Glas zeigen, dass hier vor allem die Koncentration an Wasserstoffionen massgebend ist. Sie stehen in guter Übereinstimmung mit den Resultaten von Haber und Klemensiewics [3] welche noch erweitert und beleuchtet werden. Haber hat eine Theorie der Erscheinungen gegeben, nach welcher das Glas durch

[1] Ann. d. Phys. **42**. 1129. (1913).

[2] Ann. d. Phys. **45**. 929. (1914).

[3] Zeitschr. f. Phys. Chemie **67**. 385. (1909).

gelöstem Wasser die Eigenschaften einer Wasserstoffelektrode bekommt. Ich finde die Übereinstimmung mit der Theorie ausserordentlich gut bei den Säuren, nicht ebenso gut bei den Alkalien,

Quarz zeigt ein ähnliches Verhalten wie das Glas. Die kvantitative Übereinstimmung mit der Theorie ist aber viel schlechter.

Das grösste Interesse bieten die Messungen der Grenzpotentiale der Lösungen gegen Paraffin. Sie umfassen jetzt 11 Elektrolyten, die so gewählt sind, dass die Wanderungsgeschwindigkeiten der Ionen möglichst warieren. Überall ist die folgende Relation zwischen Grenzpotential P und Leitfähigkeit $\varkappa$ gefunden:

$$P = \text{konstant} + k \log \varkappa$$

Aus den karakteristischen Konstanten k, die in der Tabelle 32 zusammengestellt sind, habe ich auf Grund thermodynamischer Überlegungen, unter der Annahme einer unveränderlichen Grenzschicht, die Überführungszahlen der Anionen berechnet. Sie sind in derselben Tabelle unter x eingeführt. Ein Vergleich dieser Zahlen mit den gewöhnlichen Überführungszahlen $\frac{v}{u+v}$ zeigt, dass der Quotient $x : \frac{v}{u+v}$ die folgenden Eigenschaften hat.

1:o. Der Quotient ist für Substanzen mit demselben Kation überrachend konstant.

2:o. Sein Wert liegt zwischen 1 und 0.

3:o. Er nimmt ab mit steigendem Atomgewicht des Kations.

Dass es mir also gelungen ist aus Betrachtungen der Überführungszahlen solche Gesetzmässigkeiten abzuleiten zeigt, dass die Wanderungsgeschwindigkeiten für die Grenzpotentiale eine grosse Rolle spielen, und dass der veränderliche Teil des Grenzpotentiales überwiegend in der Lösung seinen Sitz hat. Die Gesetzmässigkeiten lassen sich aus keiner der bisherigen Theorien voraussagen. Meine Messungen stehen unter den Untersuchungen über Grenzpotentiale von Lösungen ziemlich alleine. Schon die sowol in chemischer als elektrischer Hinsicht extremen Eigenschaften des Paraffins lassen ein einfaches hervortreten der physikalischen Gesetze erwarten. Die fast einzigen vergleichbaren direkten Messungen an Grenzpotentialen, nämlich die von Beutner[1], sind seiner Methode nach auf recht gut leitenden organischen Substanzen vorgenommen. Aus allen Untersuchungen verschiedener elektrokinetischer Vorgänge können, wie ich stark betont habe, nur die elektrokinetisch effektiven Teilen der Potentialsprünge ermittelt werden.

[1] Note Seite 8.

(Tryckningen avslutad den 12 februari 1915.)

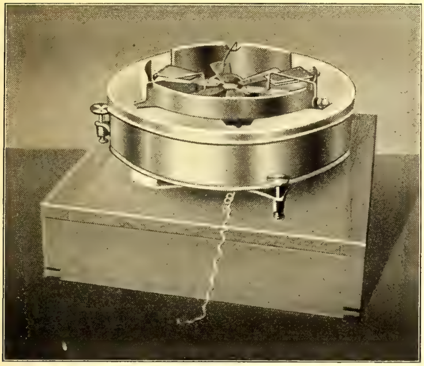


Fig. 1.

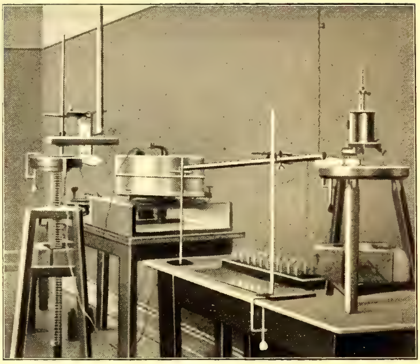


Fig. 2.

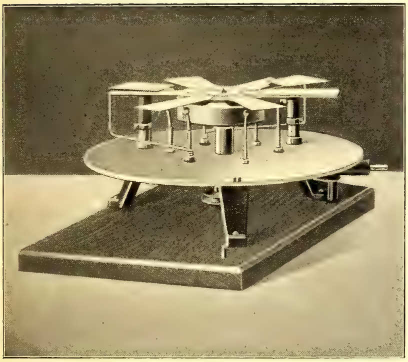


Fig. 3.

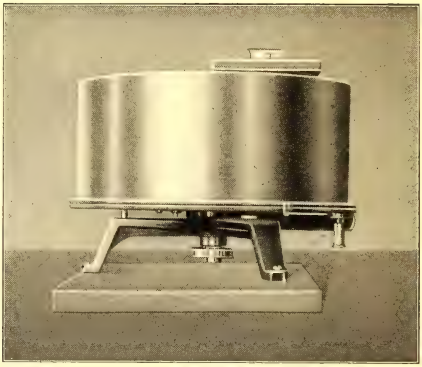


Fig. 4.

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 11. Nr 6.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 26. Nr 6.

SKÅNES COLONUSSKIFFER

AV

J. E. HEDE

I

(MED 4 TAVLOR, 3 TEXTFIGURER OCH ENGLISH SUMMARY)

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Föredragen i K. Fysiografiska Sällskapet den 10 februari 1915.

LUND 1915
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

FÖRORD.

Som bekant intar den skånska siluren genom sin förhärskande skifferfacies en särställning inom vårt land. Och bland de skånska silurskiffrarna är colonusskiffern, till vilken direkt motsvarighet saknas inom våra övriga provinser, särskilt anmärkningsvärd redan på grund av dess stora utbredning och mäktighet. Icke dess mindre torde man utan överdrift kunna säga, att ingen av de skånska silurbildningarna för närvarande är så föga känd som denna, vare sig det är frågan om dess fauna och dennas fördelning inom zonen, eller om dess stratigrafi. Förr än denna lucka i vår kännedom om Skånes geologi blivit fylld, saknas ett viktigt led för parallelliseringen av våra yngsta silurbildningar såväl sinsemellan som med utlandets.

Redan från början fullt medveten om att colonusskifferns närmare undersökning skulle taga lång tid i anspråk, kom jag emellertid först längre fram till rätt insikt om, huru betydande svårigheter ett dylikt arbete var underkastat. Frånsett det tröttande, otacksamma värvet att genomleta metertals mäktiga lager, helt eller mestadels tomma på fossil, mötes man även av den svårigheten, att de profiler, som stå till buds å skilda lokaler, visa högst betydande olikheter och att de något rikare faunor, som på enstaka ställen erbjuda sig, äro till sin sammansättning mycket växlande. För vinnande av åstundat resultat måste sålunda framförallt en mängd, delvis mäktiga profiler noggrannt granskas skikt för skikt. Ett genomförande av undersökningen kommer därför att kräva längre tid, än som för tillfället står mig till buds. Men då det ur flera synpunkter synes förmånligt, att publicerandet av iakttagelserna ej alltför länge uppskjutes, har jag ansett lämpligast att, efter hand som undersökningarna fortskrida, särskilt beskriva i ett eller annat hänseende mera anmärkningsvärda fyndorter och detta med hänsyn till såväl deras lagerföljd som fauna. Planen för min härmed påbörjade publikation blir därför den, att efter en inledande allmän översikt över hittills kända data angående colonusskiffern, framlägga beskrivning av viktigare fyndorter. Sedermera, då undersökningens resultat bättre kunna överskådas, blir det möjligt att lämna en översikt av de undersökta bildningarna i allmänhet.

Som första ledet i serien av ovan antydda lokalbeskrivningar lämnas här en redogörelse för ett par vid Smedstorp förekommande lokaler. Dessförinnan är det mig en angenäm plikt, att till min lärare och ledare i arbetet, professor Joh. Chr. Moberg, frambära mitt vördsammaste tack, icke blott för uppslaget till dessa mina undersökningar, utan även för det varma intresse han visat mitt arbete samt för det värdefulla bistånd med råd och dåd han därvid lämnat mig. Även till herr professor S. L. Törnquist har jag att uttala mitt bästa tack för mången värdefull upplysning.

Colonusskifferns historik.

Benämning och omfång. I den redan år 1862 tryckta delen av texten till «Geologisk öfversigts-karta öfver Skåne» synes ANGELIN ha hänfört här ifrågavarande bildningar till «Fjerde eller Lerskiffergruppen». I Sveriges Geologiska Undersöknings äldre publikationer återfinnas de under beteckningen «öfversilurisk lerskiffer» eller «öfversilurisk mergelskiffer». År 1880 fingo dessa bildningar av TULLBERG [1] namnet «cardiolaskiffer» efter den flerstädes i dem vanliga musslan *Cardiola interrupta* Sow. [2]. TULLBERG ville med namnet cardiolaskiffer beteckna en särskild zon, nedtill begränsad av cyrtograptusskifferns översta del, testisskiffern. Angående «cardiolaskifferns» övre gräns yttrar han sig däremot mycket svävande, i det han l. c. säger: «Såsom stora lokalt uppträdande lager inuti cardiolaskiffern ligga egentligen de förut omtalade sandstens- och kalkstensbildningarna» (Bjärsjölagårds-Öveds-bildningarna), «vilka således äro att betrakta som ekvivalenter till den yngre mera fossilfria delen av cardiolaskiffern». Men då TULLBERG uttryckligen så att säga sidoställer sin «cardiolaskiffer» med Bjärsjölagårds-Öveds-bildningarna, vilka den «underlagrar och omsluter på sidorna», finnes tydligen för honom ej någon av yngre silurlager bestämd övre gräns för den skånska «cardiolaskiffern». EICHSTÄDT [3] och efter honom GRÖNWALL [4] skilde emellertid uttryckligen mellan båda och fastslogo att cardiolaskiffern är den äldre zonen. Något bestämt därutöver angående cardiolaskifferns övre gräns finner man dock ej heller hos dem angivet.

I sitt arbete «Några anmärkningar om vestra Europas kambriska och siluriska korologi» framhåller TÖRNQUIST 1889 graptolitfaunornas lagbundna ordningsföljd och föreslår för de ovan testiszonen kommande graptolitskiffrarna benämningen «colonusskiffer». Detta var ju, för så vitt det gäller en översikt över de graptolitförande horisonterna, en synnerligen lämplig åtgärd. Men man får dock ej för-

[1] TULLBERG, S. A.: Om lagerföljden i de kambriska och siluriska aflagringarne vid Röstånga. S. G. U. Ser. C, n:r 41. Sthlm 1880.

[2] Såvitt jag kunnat finna anföres fossilet från Sverige första gången 1875 av G. LINNARSSON (Anteckningar från en resa i Skånes silurtrakter år 1874) såsom förekommande i «öfre graptolitskiffern» i trakten kring Tågarp och Sireköpinge.

[3] EICHSTÄDT, FR.: Anteckningar om de yngsta öfversiluriska aflagringarna i Skåne. G. F. F. Bd. 10 (1888.)

[4] GRÖNWALL, K. A.: Öfversikt af Skånes yngre öfversiluriska bildningar. G. F. F. Bd. 19 (1897).

glömma, att namnet colonusskiffer tydligen, strängt taget, endast avser de skiffrar, i vilka *Monograptus colonus* Barr. verkligen förekommer, även om det kan vara tillåtet att använda det också för andra, uppenbarligen ekvivalenta med de *Monograptus colonus* Barr. förande lagren. Otvivelaktigt avser Törnquist med sin colonusskiffer samma lager, som Tullberg kallat cardiolaskiffer, och på senare tid ha vanligen båda termerna ansetts synonyma, varvid namnet colonusskiffer småningom så gott som helt undanträngt den äldre benämningen.

Man skulle möjligen kunna förmoda, att allestädes *Monograptus colonus* Barr. och *Cardiola interrupta* Sow. träffas i samma lager. Så är emellertid såsom med flera exempel kan visas ingalunda fallet. Enligt benäget lämnad muntlig uppgift av professor Törnquist har han påträffat *Cardiola interrupta* Sow. i Dalarnas retiolitesskiffer, och vidare är att märka, att nämnda mussla i Thüringen räknas som karaktärsfossil för den s. k. «Cardiola-kalken» eller «Ockerkalken», som enligt Eisel [1], fullständigt motsvarar våra cyrtograptusskiffrar. Och i Belgien säges man i det mellan Sambre och Meuse belägna silurdistriktet ha skiffer och kalk med *Cardiola interrupta* Sow. (vid Cocriamont) äldre än zonen med *Monograptus colonus* Barr. (vid Thimensart) [2]. Namnet cardiolaskiffer såsom benämning för en zon yngre än testisskiffern synes sålunda ur flera synpunkter mindre lyckligt. Huruvida övre gränserna för *Monograptus colonus* Barr. och *Cardiola interrupta* Sow. sammanfalla, är ej heller ännu utrett. En hel del fyndorter, som räknats till cardiolaskiffern, ha nämligen hänförts dit enbart på grund av där gjorda fynd av *Cardiola interrupta* Sow., och i övrigt är det ofta nog omöjligt, att av föreliggande uppgifter allena sluta sig till, av vad skäl de å respektive fyndorter förekommande lagren kallats cardiolaskiffer eller colonusskiffer. Under sådana omständigheter har det ej kunnat undgås, att inom ramen för denna undersökning, som i huvudsak avser en utredning av colonusskifferns stratigrafi och paleontologi, preliminärt även medtaga alla skånska skiffrar förande *Cardiola interrupta* Sow., av vad ålder de nu än månde vara.

Utbredning. Colonusskiffrarna, som i Skåne ha synnerligen vidsträckt utbredning, äro ej med säkerhet påvisade inom någon annan del av vårt land. Visserligen omnämner Schmalensee [3] från Stygforsen i Dalarna «cardiolaskiffer» förande *Monograptus scanicus* Tullb., men denna uppgift kan ej anses ännu vara till fullo styrkt [4]. Och vidare trodde Marr [5] sig ha funnit lösa block med *Monograptus*

[1] Eisel, Robert: Nachtrag zum Fundortsverzeichnisse wie zur Zonenfolge thüringisch — vogtländischer Graptolithen. 43.—45. Jahresbericht d. Gesellsch. von Freunden der Naturwissenschaften in Gera (Reuss) 1900—1902. Gera 1903, S. 32.

[2] Malaise, C.: État actuel de nos connaissances sur le Silurien de Belgique. Pag. 272. — Extrait du Bull. de la Soc. Belge de Géologie etc. Tome XIV. 1900.

[3] Schmalensee, G. C. von: Om lagerföljden inom Dalarnes silurområden. G. F. F. Bd. 14 (1892), sid. 498.

[4] Jämför Törnquist, S. L.: Några anmärkningar om indelningar inom Sveriges kambro-silur. G. F. F. Bd 35 (1913), sid. 438.

[5] Marr, J. E.: On the Cambrian (Sedgw.) and Silurian Rocks of Scandinavia. Q. J. G. S. August 1882.

colonus BARR. på Kinnekulle, något som dock enligt HOLM [1] torde bero på ett misstag. Och slutligen har MUNTHE [2] omtalat fyndet av *Monograptus colonus* BARR. från södra Gottland i en skiffer ovan övre Sphærocodiumbanken. Den tillsammans därmed förekommande faunan antyder emellertid ingen större likhet med den skånska colonusskifferns, för så vitt denna för närvarande är känd, och torde det väl där lika litet som på de nyss anförda ställena kunna bliva tal om någon direkt motsvarighet till den skånska colonusskiffern. Skiffrar med *Cardiola interrupta* Sow. ha visserligen träffats i Dalarna, men att dessa, vilka som nämnt tillhöra retiolitesskiffern, ej ha något att göra med TULLBERGS cardiolaskiffer eller TÖRNQUISTS colonusskiffer är ju självklart. Efter vad ovan sagts torde det knappast behöva särskilt framhållas, att jag alltjämt ansett mig ha att räkna med en viss sannolikhet för att en närmare undersökning möjligen kunde komma att ådagalägga, att en del av de till colonusskiffern (eller cardiolaskiffern i TULLBERGS mening) vanligen räknade skiffrarna i själva verket ej höra dit.

De kända fyndorterna för anstående colonusskiffer äro samlade inom ett från SO mot NV gående bälte (jfr översiktskartan på efterföljande sida), började i söder i trakten av Valleberga—Skillinge och sträckande sig ungefär till Stenestad—Tågarp. Bältet har en medelbredd av ungefär 15 km. och en längd av 100 km. Ytinnehållet därav skulle sålunda uppgå till i runt tal 1500 kvkm. HÖGBOM [3] har uppgivit colonusskifferns areal till 1200 kvkm. Huru han har kommit till detta resultat, är mig obekant. Den av honom anförda siffran giver dock helt visst ett för högt mått på bildningens areal. En god del av det område, vars gränser ovan angivits, upptages nämligen efter vad vi bestämt veta av andra bildningar, och vidare ha ganska säkert till colonusskiffern hänförts ej blott alla skiffrar med *Cardiola interrupta* Sow., utan även åtskilliga tillhörande cyrtograptusskiffrarna i deras typiska utbildning. Då någon direkt märkbar genomgående petrografisk åtskillnad ej tyckes finnas mellan colonusskiffrarna och de sistnämnda, är det omöjligt att utan detaljerad faunistisk undersökning av de olika förekomsterna ens tillnärmelsevis kunna uppdraga någon minimigräns för colonusskifferns område. De till ungefär ett femtiotal uppgående fyndorter, från vilka enligt mer eller mindre tillförlitliga uppgifter colonusskiffer eller åtminstone skiffer med *Cardiola interrupta* Sow. skall vara känd, äro följande [4].

Anförda i Sver. Geolog. Undersöknings kartbladsbeskrivningar äro:

Å kartbladet «Simrishamn»: 1. I Kvärrestadsåns dalgång.
*2. I Ö. Hoby och Nöbbelövs socknars strandtrakter. (Skillinge) [1].

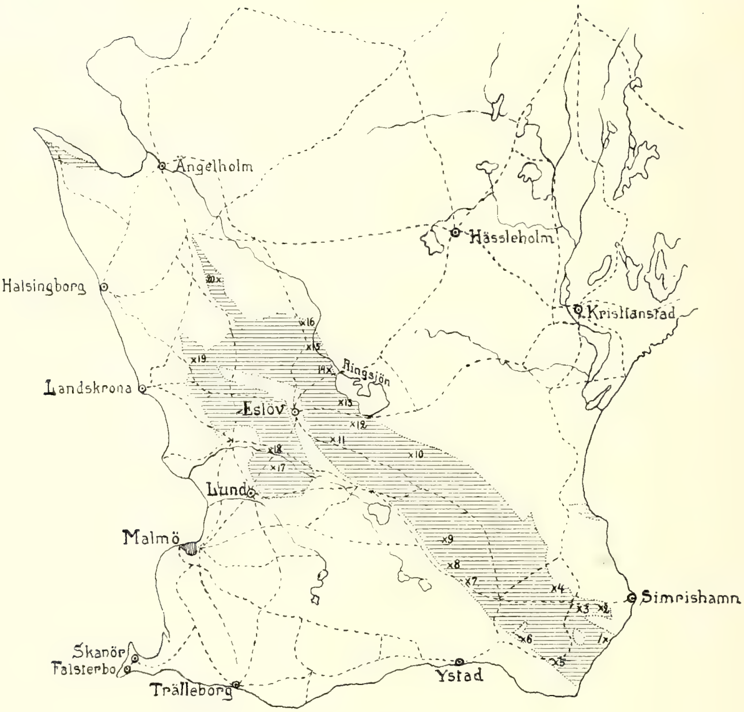
[1] HOLM, G.: Om de öfre Graptolitskiffrarna på Kinnekulle. G. F. F. Bd 21 (1899), sid. 306.

[2] MUNTHE, H.: On the sequence of Strata within Southern Gotland. G. F. F. Bd 32. H. 5. 1910.

[3] Handbuch der regionalen Geologie. Band IV, Abt. 3. Fennoskandia. S. 51. Heidelberg 1913.

[4] I förteckningen äro namnen på de fyndorter, där jag själv varit i tillfälle att konstatera förekomsten av colonusskiffer, märkta med en asterisk. — Siffrorna inom parentes efter en del av fyndorterna ange, att dessa äro å kartan utsatta och där betecknade envar med sin motsvarande siffra.

Översiktskarta över Skåne.



Skala 1:1000000

Horisontell streckning anger silurområde i allmänhet.
En del mera anmärkningsvärda fyndorter för colonusskiffer (eller skiffer med *Cardiola interrupta* Sow.) äro på kartan angivna med siffror.

1. Skillinge.
2. Järrestad.
3. Tommarp.
4. Smedstorp.
5. Valleberga.
6. Tosterup.
7. Benestad.
8. Röddinge.
9. Tolånga.
10. Västerstad.
11. Skarhult.
12. Pugerup.
13. Vrangelsborg.
14. Stehag.
15. Billinge.
16. Röstånga.
17. Odarslöv.
18. Bösmöllan.
19. Tågarp.
20. Stenestad.

Å kartbladet »Simrishamn»: 3. Något Ö om Kvarnby.
*4. I dalen mellan Järrestad och Tommarp. [2, 3]
5. Vid kvarnen V om Spjutstorps kyrka.
6. I bäcken vid Tranås.
7. V om Smedstorps kyrka. [4]

» » «Sandhammaren»: 8. Vid Fröslövsbäcken, där denna rinner från Ö till V.
9. I en brunn vid en S om Fröslövsvägen belägen gård.
10. I Valleberga socken nära gränsen mot Löderups socken. [5]
11. I Ö. Hoby socken 500 m. från norra bladgränsen.
12. Utmed havsstranden nedanför Örnahusen.
13. I Sandby by, vid brunnsgrävning?
14. I Borrby, vid brunnsgrävning ONO från Sandby by?

» » «Övedskloster»: 15. Strax V om Högseröd, i Rövarekulan.
16. Kring Östraby, i brunnar o. d.
17. Mellan Östraby och Hjärsås.
18. Ö om Västerstad. [10]
19. Vid Harlösabäcken.
*20. Kring Hjularöd.
21. I Borstbäcken.
22. Mellan Fränninge och Vollsjö.
23. Vid Vallarum.
24. Ö om Vollsjö by.
25. Heinge, vid bäcken.
26. N om Molleröd.
27. Vid Sillaröd.
28. Burelyckehus, V om Andrarum.
*29. Vid Djurröd.

» » «Trolleholm»: *30. Större delen av området på västra sidan av Rönneå och Ringsjön, från Tibaröd söderut, vidare mot V över Asks socken, norra delen av Strö, södra delen av Konga samt en stor del av Kågeröds socknar: Stehag—Billinge—Röstånga—Stenestad, [respektive 14, 15, 16, 20.]

» » «Lund»: *31. SO om Odarslövs kyrka. [17]
32. SO om Hurva järnvägsstation.
*33. N om Trullstorps väderkvarn.
34. Vid Emnaröd.
*35. Rövarekulan i Gudmundtorps socken.
36. Pinedalen.
37. S om Nygårdshus.
38. S om Kungshult i Skarhults socken.

Å kartbladet «Lund»: 39. S om Måsahusen, i V. Sallerups socken.
*40. V om Örtofta, i Kävlingedalen. [18]
41. Vid bäcken Ö om Vallkärra kyrka.
» » «Hälsingborg»: 42. NNV om Kågeröds kyrka.
*43. Sireköpinge.
*44. Tågarp. [19]

I övrigt äro följande fyndorter att märka:
Å (det ännu ej utgivna)
kartbladet «Sövdeborg»: *45. Tosterup. [6]
46. Övrabyborg.
47. Benestad. [7]
*48. Röddinge. [8]
*49. Tolånga. [9]
50. Ullstorp.
» » «Lund»: *51. Skarhult. [11]
*52. Pugerup. [12]
53. Vrangelsborg. [13]
och å kartbladet «Trolleholm»: 54. Lönstorp. [1].

Som man kunde vänta ha de hårdare partierna av zonens bergarter såsom lösa block en vidsträckt utbredning inom södra Skånes moräner. TULLBERG («Skånes graptoliter I», sid. 14) framhåller, hurusom från denna bildning härrörande «kalkbollar med graptoliter äro fullkomligt öfverensstämmande såväl till bergart, som fauna, med en varietet af den i Nord-Tyskland som block allmänt förekommande så kallade "Graptolithen-Gestein"».

Mäktighet. Colonusskiffern torde äga betydlig mäktighet. Huru stor den i sin helhet kan vara, låter sig dock ej ens tillnärmelsevis angivas, detta redan av den anledningen, att zonens övre gräns i själva verket måste anses helt okänd. Och då sålunda ingenstädes zonens både hängande och liggande äro förhanden, har man för bedömande av mäktigheten naturligtvis ej annan utväg än att sammanräkna mäktigheterna av de å olika fyndorter förekommande profilerna, i den mån dessa kunna anses med säkerhet representera olika delar av zonen. Men hittills har emellertid ej kunnat påvisas något (eller några) vare sig petrografiskt eller faunistiskt tillräckligt karaktäriserade lager, som i egenskap av genomgående ledlager låta sig begagnas i och för nödvändig orientering inom skiktkomplexet. Exempelvis må nämnas, att medan TULLBERG («Skånes graptoliter I», sid. 5) angiver, att Odarslövsskiffern tillhör zonens *övre* del, vill MOBERG («Review of the silurian of Sweden», 1911) och väl även DE GEER («Beskrifn. till kartbladet Lund», 1887) förlägga densamma till

[1] Vid en på 1870-talet å Lönstorps ägor NV om Svalövs kyrka utförd borrning till ett djup av 150 m. lär colonusskiffer ha anträffats. (ERDMANN, E.: De skånska stenkolsfälten och deras tillgodogörande. S. G. U. Ser. C, a. N:o 6. Sthlm 1911—15).

zonens *undre* del. Den största mäktighet, som kunnat påvisas i en sammanhängande profil, är i det stora hela högst blygsam. Så t. ex. anser jag profilen vid Rövarekulan (i Gudmundtorps s:n) ej vara stort mer än 20 à 30 meter mäktig; vid Tolånga torde mäktigheten av den i dagen gående colonusskiffern ej överstiga 15 m., och den vid Röddinge av MOBERG och TÖRNQUIST [1] beskrivna någorlunda sammanhängande skiktserien äger ej mer än ungefär 11 meters mäktighet.

Den faunistiska skillnaden mellan olika fyndorter är emellertid så pass stor, att flera av dessa måste anses representera till åldern skilda delar av zonen, vadan naturligtvis hela zonens mäktighet kan vara mångdubbelt större, än den som å någon viss fyndort är direkt att iakttaga. Enligt TULLBERG [2] skall den t. o. m. uppgå till 1128 m., vilket dock ändå får anses som överdrivet. För TULLBERG, som ansåg att Skånes silur i det stora hela var i orubbat läge, låg naturligtvis, då han ville söka beräkna mäktigheten av denna så vitt utbredda bildning, faran att därvid komma till ett för högt resultat nära till hands, alldenstund ett skiktkomplex med en viss stupning ju alltid har desto större mäktighet ju större dess utbredning är i stupningsriktningen, *därest inga lagerstörningar förekomma.* Visserligen träffas här ifrågavarande lager mestadels uti relativt orubbat, från horisontalplanet föga avvikande läge, men detta hindrar dock ej, att på ett och annat ställe en ganska betydande stupning kunnat observeras. Så t. ex. anför MOBERG [3] en förekomst vid Fröslöv, där lagren stupa ända till 50° och därutöver.

Bergartsbeskaffenhet. Jämte de vanligen grå, lösa, tunnkluvna, något kalkhaltiga, ofta sandiga eller glimmerförande lerskiffrar, som bilda huvudparten av lagerserien, förekommer åtminstone inom vissa delar rikligt med mer eller mindre tät eller finkristallinisk kalksten [4], dels bildande sammanhängande band, dels fördelad i bollar eller oregelbundna linser, som stundom kunna uppnå en rätt betydande storlek. Sandhalten kan stundom ökas så betydligt, att verkliga sandstenar eller sandstensskiffrar uppstå. Dylika ha efter en av de mest kända fyndorterna (Ö. Odarslöv, strax NO om Lund) ofta kallats Odarslövsskiffer [5]. Ej sällan träffas även mera tjockbankade, vanligen helt kalkfattiga skikt, som snarast kunna kallas slamstenar. Någon slags lagbundenhet i fråga om kalkstenarnas och sandstenarnas fördelning inom den av renare lerskiffrar bestående huvudmassan har ej med bestämdhet kunnat påvisas.

---

[1] MOBERG, J. C. och TÖRNQUIST, S. L.: Retioloidea från Skånes colonusskiffer. S. G. U. Ser. C. N:r 213. 1909.

[2] TULLBERG, S. A.: Skånes graptoliter I. S. G. U. Ser. C. N:r 50. 1882.

[3] MOBERG, J. C.: Beskrifning till kartbladet Sandhammaren. S. G. U. Ser. Aa. N:r 110. 1895.

[4] En utförlig redogörelse för förhållandet mellan skiffern och den däri inneslutna kalkstenen lämnas av MOBERG och GRÖNWALL i deras arbete »Om Fyledalens Gotlandium».

[5] Jämför sid. 14 i TULLBERGS »Skånes graptoliter. I». — I »Beskrifning till kartbladet Lund» lämnar DE GEER, sid. 20, en ganska träffande beskrivning av Odarslövsskiffern i dess typiska form. Den är, säger han, en »hårdare, mörkare, sandstenslik skiffer, som inuti är brungrå och glimmerrik samt på skiktytorna blågrå, liksom glaserad, med vågformiga och oregelbundna upphöjningar». Se ock sid. 6 i »Retioloidea från Skånes colonusskiffer» av MOBERG och TÖRNQUIST, där särskilt också erinras om de i bergarten så vanliga små tillplattade lerklumparna.

Bildningshistoria. Angående (cardiola- eller) colonusskifferns bildningshistoria torde följande vara att nämna. Bevis för att skiffern avsatts under en period av positiv nivåförskjutning, finner TULLBERG («Skånes graptoliter. I», sid. 5) dels däri, att den »är aflagrad i trakter belägna ända till 148 m. och mera öfver hafvet», dels däri att den ofta når »ända in till den kambriska sandstenen (vid Andrarum på flera ställen) och till urberget (i närheten av Billinge)». Att nämnda fakta ingalunda, såsom TULLBERG menade, behöva bero på en transgression, är väl knappast nödigt att nu framhålla. Men TULLBERG drar vidare av den omständigheten, att Skånes yngsta silur bildas av sandstenar, delvis »innehållande kolbitar och fragment af växter», den slutsatsen, att till sist en stark landhöjning inträdde, under vilken jämte de förut nämnda sandstenarna (Öved-Ramsåsabildningen) samtidigt på annat håll avsattes »de yngre lagren af Cardiolaskiffern, hvilka ofta äro sandiga». Enligt honom skall t. o. m. »sydligast vid Borstbäcken i närheten af Övedskloster ligga sandstenslager omvexlande med Cardiolaskiffer». TULLBERG synes sålunda antaga en växellagring mellan cardiolaskiffern och Öved-Ramsåsabildningen. EICHSTÄDT [1] ansåg, 1888, colonusskiffern vara en djuphavsbildning. Kort därefter framhöll TÖRNQUIST[2] att denna skiffer, på grund av dess mäktighet och ljusare färg, torde vara avsatt på mindre djup än rastrites- och cyrtograptusskiffrarna. MOBERG och GRÖNWALL ha sedermera (se sid. 26 i »Om Fyledalens Gotlandium»), åtminstone för vissa delar av skiktkomplexet, uttalat den åsikten, att bergartsbeskaffenheten såväl som det sätt, på vilket fossilen förekomma, snarast antyda en bildning från grundare vatten.

Fauna. Faunan, som i det stora hela är ganska artfattig, är särskilt för skiffrarnas vidkommande mestadels inskränkt till ett fåtal graptolitarter, vanligen åtföljda av *Cardiola interrupta* Sow. Inom stora delar av hithörande lagerserie råder fattigdom, att icke säga brist, på fossil, medan däremot enstaka skikt kunna vara mycket fossilrika, även om artrikedomen sällan är stor. De fossil, som hittills äro kända eller av skilda författare anförda från den skånska (cardiola- och) colonusskiffern, äro följande:

Favosites gotlandicus L.
Monograptus bohemicus BARR.
» *chimæra* BARR. var. α WOOD *
» » » var. *Salweyi* HOPK.
» *colonus* BARR.
» *dubius* SUESS
» *leintwardinensis* HOPK. *
» *Nilssoni* BARR.
» *Roemeri* BARR.

[1] EICHSTÄDT, FR.: Anteckningar om de yngsta öfversiluriska aflagringarna i Skåne. G. F. F. Bd 10 (1888).

[2] TÖRNQUIST, S. L.: Några anmärkningar om vestra Europas kambriska och siluriska korologi. G. F. F. Bd 11 (1889). Sid. 328.

Monograptus scanicus Tullb.
» *uncinatus* Tullb.
Gothograptus nassa Holm sp.
Retiolites spinosus Wood
Plectograptus macilentus Törnq.
Crinoidea.
Bryozoa.
Lingula sp.
Pholidops antiqua v. Schloth.
Orthis biloba L.
Rhynchonella cuneata Dalm.
Cardiola interrupta Sow.
Tentaculites tenuis Sow.
Orthoceras
Discoceras?
Plumulites sp.
Aparchites sp.
Primitia mundula Jones
Beyrichia Maccoyiana Jones
» *Steusloffi* Krause
» cfr *Jonesi* Kolm.
» cfr *Kloedeni* M'Coy
» cfr *spinigera* Boll
Thlipsura tetragona Krause
Calymmene Blumenbachi Brongn. **
Phacops sp.
Encrinurus punctatus Wahlenb. **
Acidaspis sp.
Lichas sp.
Proetus sp.
Discinocaris? sp.

* Anförda efter Wood, E. M. R.: The Lower Ludlow formation and its Graptolite-fauna. — Quart. Journ. Geol. Soc. 1900.

** Såväl *Calymmene Blumenbachi* Brongn. som *Encrinurus punctatus* Wahlenb. anföras av Linnarsson (Ant. fr. en resa i Skånes silurtrakter år 1874) från en vid Stehag anstående grönaktig skiffer, som enligt Tullberg (Skånes graptoliter. I, s. 14) utan allt tvivel tillhör cardiolaskiffer, medan Grönwall (Öfversikt af Skånes yngre öfversiluriska bildningar, sid. 44) synes böjd tilldela den en något högre plats i lagerserien.

Sålunda anföras, jämte de 13 graptoliterna, 12 andra fullt bestämda arter, vilka dock ingalunda alla träffats tillsammans, utan delvis härröra från vitt skilda lokaler.

Zonindelning. Ej blott i fråga om (cardiola- eller) colonusskifferns omfattning, utan även angående relationen mellan dennas olika geologiska horisonter eller, om man så vill, angående indelningen i subzoner råder mycken osäkerhet. Vad beträffar hithörande lagers fördelning i skilda geologiska horisonter har emellertid ofta mer eller mindre uttryckligt antytts, att en sådan torde kunna göras, men något fullt genomfört försök till sådan indelning har hittills icke förebragts. TULLBERG framhåller i »Skånes graptoliter. I» att *undre delen* karaktäriseras av *Monograptus Nilssoni* BARR. och *Monograptus uncinatus* TULLB., arter, som skola saknas i *övre delen.* Och i »Review of the silurian of Sweden» har MOBERG försöksvis, med avseende särskilt fäst vid förhållandena vid Röddinge, gjort följande zonindelning:

— — — — — — — — — — —
Zon med *Gothograptus nassa* HOLM.
Odarslövsskiffer.

Parallellisering. Att de försök till parallellisering med andra ungefär jämnåldriga bildningar, som hittills blivit gjorda, ingalunda kunna sägas ha lett till något definitivt resultat, torde säkerligen delvis böra tillskrivas ovan på tal om zonindelningen berörda förhållanden. Ty utan ingående zonindelning måste ju parallelliseringen i hög grad försvåras.

Som förut nämnts, är, om vi frånse graptoliterna, faunan i colonusskiffern, såväl som i de *Cardiola interrupta* Sow. förande lagren i allmänhet, föga känd. Detta har tydligen också varit till stor olägenhet, då det gällt att söka isokrona motsvarigheter inom sådana bildningar, som alldeles eller åtminstone i det närmaste sakna graptoliter. Vid parallelliseringen har man ju i dylika fall ej haft stort annat att utgå från, än colonusskifferns läge i förhållande till andra lager, för vilka paralleller lättare kunnat uppsökas.

Att Gottlands-lagren delvis måste vara isokrona med colonusskiffern har av gammalt insetts, men då kännedomen såväl om denna som om den gottländska silurens stratigrafi tyvärr ännu alltjämt är skäligen bristfällig, har det naturligtvis hittills varit omöjligt att bestämt precisera vilka delar av den gottländska lagerserien vi ha att betrakta som colonusskifferns ekvivalenter. I sin »Review of the silurian of Sweden» framkastar MOBERG såsom sannolikt, att colonusskifferns motsvarighet torde vara att söka i de under Undre Sphaerocodiumkalken liggande lagren. 1910 uppger MUNTHE (On the Sequence of Strata within Southern Gotland. G. F. F. Bd 32, H. 5) att han i trakten av Hoburgen påträffat *Monograptus colonus* BARR. i ett märgelskifferlag, som han sammanställer med Ilioniakalken. Då denna bildar Övre Sphaerocodiumkalkens hängande, skulle sålunda på Gottland lager isokrona med colonusskiffern träffas på en ännu högre nivå än den av MOBERG angivna.

Att för närvarande försöka parallellisera vår colonusskiffer med utländska bildningar torde säkerligen ännu så länge vara tämligen lönlöst. Osäkerheten av dylika hittills gjorda parallelliseringsförsök torde bäst framgå av vidstående tabellariska översikt över olika författares uppfattning om

Colonusskifferns (respektive cardiolaskifferns) motsvarighet inom det engelska silurschemat.

TULLBERG[1] 1882	MARR[2] 1883	EICHSTÄDT[3] 1888	GRÖNWALL[4] 1897	WOOD[5] 1900	MOBERG och GRÖNWALL[6] 1909	TÖRNQUIST[7] 1913	England
							Passage beds
							Upper Ludlow beds
				*			Aymestry limestone
							Lower Ludlow beds
							Wenlock limestone
							Wenlock shales

* Själv har Miss WOOD ej framlagt något förslag till parallellisering. Denna del av vår tabell grundar sig också uteslutande på av henne, i tabellen till sidan 450, l. c., lämnade uppgifter om en del av skånska cardiolaskifferns graptoliter. Miss WOOD fördelar (pag. 448) Englands Lower Ludlow i följande zoner:

5. Zon med *Monogr. leintwardinensis* HOPK. (Till zonens översta del räknas Aymestry limestone).
4. » » » *tumescens* WOOD
3. » » » *scanicus* TULLB.
2. » » » *Nilssoni* BARR.
1. » » » *vulgaris* WOOD

Anmärkas bör, att även i England det endast är zonerna 2 och 5, som kunnat särskiljas i alla distrikt, vadan åtminstone en del av zonerna torde vara av ganska lokal betydelse. *Monograptus colonus* anföres endast från zon 2, *Monogr. scanicus* anföres från zonerna 2 och 3, *Monogr. bohemicus* från zonerna 2—4. Då hos oss dessa tre graptoliter alla förekomma i colonusskiffern, har denna sålunda en tydlig motsvarighet i zonerna 2—4. Eftersom Miss WOOD från Skånes cardiolaskiffer även anför *Monogr. leintwardinensis,* karaktärsfossil för zonen 5, vill det likvisst synas som skulle vår colonusskiffer möjligen kunna motsvara Lower Ludlow i dess helhet, även om ej en och var av de av Miss WOOD uppställda zonerna ännu kunnat hos oss påvisas.

---

[1] TULLBERG, S. A.: Skånes graptoliter. I. Sid. 42.

[2] MARR, J. E.: The classification of the Cambrian and Silurian rocks. Cambridge. Sid. 79.

[3] EICHSTÄDT, FR.: Anteckningar om de yngsta öfversiluriska aflagringarna i Skåne. G. F. F. Bd 10. Sid. 156.

[4] GRÖNWALL, K. A.: Öfversikt af Skånes yngre öfversiluriska bildningar. G. F. F. Bd 19. Sid. 242.

[5] WOOD, E. M. R.: The Lower Ludlow formation and its Graptolite-fauna. — Quart. Journ. Geol. Soc. Vol. 56.

[6] MOBERG, J. C. och GRÖNWALL, K. A.: Om Fyledalens Gotlandium. Kgl. Fysiogr. Sällsk Handl. N. F. Bd 20. Sid. 83.

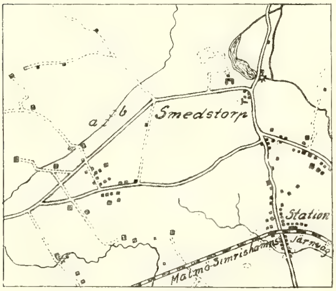
[7] TÖRNQUIST, S. L.: Några anmärkningar om indelningar inom Sveriges kambro-silur. G. F. F. Bd 35. Sid. 434 och följ.

I. Smedstorp.

(Lager med *Cardiola interrupta* Sow.)

Lokalbeskrivning.

Några hundra meter V om Smedstorps herregård (belägen N om stationen med samma namn å Malmö—Simrishamns järnväg samt c:a 16 km. V om Simrishamn) träffas en mot SV gående, kanaliserad, mindre bäck, upprinnelsen till Kvärrestadsån. I bäckrännans sidor anstår skiffer med en däri inlagrad, rikt fossilförande, högst 3 dm. tjock, åt sidorna utkilande slamstensbank.



1:50000

I sin år 1892 publicerade »Beskrifning till kartbladet Simrishamn» redogör Dr N. O. Holst för denna förekomst, som där för första gången omnämnes. Han anför från slamstenen följande fossil: »*acidaspis*, n. sp., *phacops*, n. sp., *proetus*, n. sp., de båda senare talrika, svanstagg af en mycket stor phyllocarid [1], *cardiola interrupta* i talrik mängd, ortocerer och pelecypoder samt *retiolites nassa* Holm». Någon närmare undersökning av faunan synes dock ej ha blivit gjord. Slamstensbankens liggande och hängande utgöras av skiffrar, i vilka ej tyckas förekomma andra bestämbara fossil än sparsamma exemplar av *Monograptus dubius* Suess, som för övrigt även träffas i slamstensbanken. Lagren intaga i det stora hela vågrätt läge. Det vill, som nämnt, synas som skulle banken mot båda ändar utkila.

Denna förekomst vill jag i det följande kalla *lokal a.* (Se ovanstående kartskiss).

Vid mitt bemödande att utvinna större delar av det fossilförande bandet [2], fortsattes undersökningarna utefter bäcken längre mot NO och härvid påträffades (45 m. från *lokal a*) åter en fast slamstensbank, på samma sätt liggande i skiffer och även här i nära horisontellt läge, men åtskilligt tunnare än den förra.

I paleontologiskt hänseende har denna bank en från den förstnämndas ganska mycket avvikande utbildning. Det har därför synts mig lämpligt särskilja denna fyndort under benämningen *lokal b.* (Se kartskissen).

[1] Bland det från denna lokal insamlade material, som av Sver. Geol. Unders. benäget ställts till mitt förfogande, har jag ej kunnat återfinna nämnda svanstagg.

[2] För ernående av en fullständigare kännedom om härvarande silurfauna har det varit nödvändigt att undersöka mera material, än som här fanns direkt tillgängligt. De i åbrinkarna synliga slamstensbankarna ha därför av mig bortbrutits ända till ett avstånd av c:a 1 m. från åbrädden. I fast klyft torde sålunda lagren här numera knappast vara åtkomliga annat än genom grävning.

Såväl banken själv som den omgivande skiffern innehålla här talrikt *Monograptus Flemingi* Salt.

Att med full bestämdhet angiva de båda bankarnes relativa nivå låter sig för närvarande ej göra, enär lagren ej kunnat följas från den ena lokalen till den andra. Då det vill synas som skulle den å *lokal a* anstående banken stupa något mot V, och då därjämte de nästan horisontella lagren å *lokal b* tyckas i fältet inta en något litet lägre nivå, förefaller det som skulle lagren å *lokal b* kunna ligga något djupare i lagerserien än de å *lokal a* tillgängliga. Åldersskillnaden, om en sådan verkligen är förhanden, skulle emellertid, att döma av skiktens ställning allena, ej vara betydlig, därest man finge förutsätta, att lagren å båda ställena tillhöra samma orubbade lagerserie [1].

Efter granskning av de å de båda lokalerna anträffade fossilen, skola vi få tillfälle att återkomma till denna fråga, sedd ur paleontologisk synpunkt.

---

[1] Den geologiska kartan visar dock, att i närheten — såväl mot NO som mot S, i grannskapet av järnvägsstationen — anstående silurlager (å kartskissen angivna med prickade konturer) tillhöra lägre eller till och med lägsta delen av ordovicium och delvis förete ganska växlande strykning och stupning, något som tydligen anger, att lagerstörningar inom detta silurfält långt ifrån saknas.

Artbeskrivning.

Anthozoa.

Ptychophyllum? sp.

Tavl. I, fig. 1.

Å *lokal b* har påträffats ett enda litet korallfragment. Detta anger ett polyparium, som vidgat sig synnerligen starkt från den lilla basalytan, vilken har cirkelrunt tvärsnitt. Polypariet blir därigenom nästan skålformigt utbrett. Epiteket visar ungefär 30 fina, trådformiga, solfjäderformigt från basen utstrålande ribbor. Då inga snitt av korallen kunnat erhållas, är dess inre byggnad fullkomligt okänd. Släktbestämningen har följaktligen grundats endast på polypariets yttre habitus.

Zaphrentis sp.

Tavl. I, fig. 2.

Polyparium rakt, starkt vidgande sig från det spetsiga initialpartiet. Epitekets skulptur utgöres dels av skarpa, smala längdribbor, skilda av bredare, konkava mellanrum, dels av en ribborna övertvärande, ytterst fin striering. Tvärsnitt nästan cirkelrunt. Septa, ungefär 20, löpa tämligen rakt mot kalkens centrum, där en del äro med spetsarna sammanvuxna. Mellan dessa stora septa synes på ett par ställen ett septum av andra ordningen, vilket dock endast når ett litet stycke från yttre väggen.

Förekommer tämligen allmänt å *lokal a*.

Graptolithidae.

Monograptus dubius Suess.

Tavl. I, fig. 3 och 4.

1851. *Graptolithus dubius* Suess, Ueber Böhmische Graptolithen, Haidinger's Abhandl., Vol. IV, s. 115, pl. IV och pl. IX, fig. 5 a, 5 b.

1876. *Monograptus dubius*, Lapworth, Geol. Mag. Dec. II. Vol. III, p. 506, pl. XX, fig. 10.

1883. *Monograptus dubius*, Tullberg, Skånes graptoliter. II. S. G. U. Ser. C. N:r 55, sid. 29, pl. I, fig. 28 och 29; pl. II, fig. 20 och 21.
1890. » » , Holm, Gotlands graptoliter, Bih. t. Kgl. sv. Vet.-Akad. Handl. Bd 16, sid. 16, tavl. I, fig. 18—26.
1899. » » , Perner, Études sur les Graptolites de Bohême, III:ième Partie, pag. 9, pl. 14, fig. 8, 9, 11, 19, 21, 27; pl. 16, fig. 12?; pl. 17, fig. 17?
1911. » » , Elles & Wood, A monograph of British Graptolites. Part VIII, p. 376, pl. XXXVII, fig. 7 a—d.

Överensstämmer väl med exemplar från andra kända fyndorter. Arten, som har synnerligen stor såväl horisontal som vertikal utbredning, är förut omnämnd från Skåne såsom förekommande dels i cyrtograptusskiffrarnas båda översta zoner, dels i colonusskifferns lägre del. Vid Smedstorp har den å *lokal a* träffats såväl i slamstensbanken som i den omgivande skiffern. I slamstensbanken förekommer den i sällskap med *Gothograptus nassa* Holm.

Å Gottland har den anträffats i märgelskiffern (Lindströms lag c).

I England förekommer *Monograptus dubius* Suess både i Wenlock och Lower Ludlow, började i z. m. *Monograptus riccartonensis* och slutande i z. m. *Monograptus scanicus*. Från Böhmens étage E är den likaledes sedan gammalt känd.

Monograptus Flemingi Salt.

Tavl. I, fig. 5.

1852. *Graptolitus Flemingii* Salter, Quart. Journ. Geol. Soc. Vol. VIII, p. 390, pl. XXI, fig. 5—7.
1876. *Monograptus Flemingii*, Lapworth, On scottish Monograptidæ. Geol. Mag. Vol. III, p. 504, pl. XX, fig. 8.
1883. *Monograptus Flemingii*, Tullberg, Skånes graptoliter. II. S. G. U. Ser. C. N:r 55, sid. 26, pl. II, fig. 25.
1900. *Monograptus Flemingii* var. β and var. δ, Elles, Quart. Journ. Geol. Soc. Vol. LVI, pag. 402, fig. 11 och 14.
1913. *Monograptus Flemingii*, Elles & Wood, A monograph of British Graptolites. Part. IX, p. 425, pl. XLII, fig. 5 a—d.

Som bekant karaktäriseras denna *Monograptus priodon* Bronn annars mycket liknande art särskilt genom det raka polypariets ansenliga längd och relativt stora bredd (2,5 mm.), genom starkare bakåtböjd proximalända samt därigenom, att thecorna, av vilka 14—9 komma på en längd av 10 mm., bilda något större vinkel (ungefär 45°)

med polypariets axel och täcka varandra till större del. Thecorna, som i övre (yttre) delen avsmalna till en bågböjd hals, ha mynningen något nedåtriktad.

Detta är den enda graptolit, som förekommer å *lokal b*. Här finner man den emellertid synnerligen ymnigt såväl i skiffer som slamsten. Några fullständiga exemplar ha visserligen icke anträffats, men fragment, ofta i full relief och nående ända till 12 cm. i längd, äro här ingen sällsynthet. Mina exemplar överensstämma emellertid i allo med äldre (ovan anförda) beskrivningar och avbildningar, vadan det ej kan råda någon tvekan om artbestämningens riktighet.

Arten, som träffats å åtskilliga skånska fyndorter, anföres av TULLBERG, l. c., såsom tillhörig cyrtograptusskiffrarnas översta del, eller närmare bestämt deras 3 översta zoner, z. m. *Monograptus riccartonensis*, z. m. *Cyrtograptus rigidus* och z. m. *Cyrtograptus Carruthersi* [1].

Å Gottland har den anträffats i märgelskiffern (LINDSTRÖMS lag c) tillsammans med *Monogr. dubius* SUESS och *Gothograptus nassa* HOLM.

Från England omnämnes *Monograptus Flemingi* SALT. från Upper Wenlock shales, särskilt från zonen med *Cyrtograptus Lundgreni*, d. v. s. TULLBERGS z. m. *Cyrtograptus Carruthersi*.

Gothograptus nassa HOLM sp.

1890. *Retiolites nassa* HOLM, Gotlands graptoliter. Bih. t. Kgl. sv. Vet.-Akad. Handl. Bd 16, s. 25, tavl. 2, fig. 12—14.

1895. *Retiolites nassa*, WIMAN, Über die Graptoliten. S. 41, pl. XI, fig. 1—14.

1897. *Gothograptus nassa*, FRECH, Lethæa geognostica. Teil I. Abt. 1. S. 270, textfig. 223.

1899. *Retiolites nassa*, PERNER, Études sur les Graptolites de Bohême, III:ième Partie. Sect. b, p. 23, pl. 17, fig. 20, 21, textfig. 32 a, 32 b.

1900. *Retiolites nassa* (*Gothograptus* FRECH), E. M. R. WOOD, The Lower Ludlow Formation and its Graptolite-Fauna. Quart. Journ. Geol. Soc. Vol. LVI, p. 486, pl. XXV, fig. 30, textfig. 27.

De av mig anträffade exemplaren, 6 till antalet, äro alla mycket fragmentariska, men dock säkert bestämbara. Samtliga härröra från slamstenen å *lokal a*, där de åtföljas av *Monograptus dubius* SUESS.

[1] TULLBERGS uppgifter härom växla på olika ställen, något som säkerligen står i samband med hans till en början felaktiga uppfattning om läget av zonen med *Cyrtograptus Murchisoni*. I första delen av »Skånes graptoliter» anger han, att *Monograptus Flemingi* träffas i z. m. *Cyrtograptus Murchisoni*, varemot den skulle saknas i z. m. *Monograptus riccartonensis*. I den tyska resumén, där han rättat sin uppgift om det inbördes läget av de båda nyssnämnda zonerna, vidhålles emellertid samma uppgift om den vertikala utbredningen av *M. Flemingi*. I den 1883 utkomna andra delen av »Skånes graptoliter», säges dock, sid. 7, där dessa förhållanden närmare diskuteras, uttryckligen att *M. Flemingi* ej förekommer i z. m. *C. Murchisoni*, men väl i z. m. *M. riccartonensis*. Det är denna senare uppgift, jag ansett mig böra följa.

Arten, som först beskrevs från Gottlands märgelskiffer, där den träffats tillsammans med *Monograptus dubius* Suess, *Monograptus Flemingi* Salt. och *Retiolites Geinitzianus* Barr. [1], av vilka åtminstone de båda sistnämnda kunna anses karaktärisera cyrtograptusskiffrarna, har sedermera utom vid Smedstorp även kunnat påvisas från Röddinge, där den förekommer i sällskap med *Monograptus bohemicus* Barr., *Monogr. colonus* Barr., *Monogr. Nilssoni* Barr. m. fl. för colonusskiffern karaktäristiska graptoliter [2].

I England förekommer *Gothograptus nassa* Holm i Lower Ludlow (z. m. *Monograptus vulgaris*).

Brachiopoda.

Lingula lata Sow.

Tavl. I, fig. 6 och 7.

1839.	*Lingula*	*lata*,	Murchison, The silurian system. Part II, p. 618, pl. 8, fig. 11.
1852.	»	» ,	M'Coy, British paleozoic fossils. Pag. 253.
1859.	»	» ,	Murchison, Siluria. Pl. 20, fig. 6.
1866-1871.	»	» ,	Davidson, A monograph of the British fossil brachiopoda. Part. VII. The silurian brachiopoda. Pag. 49, pl. 3, fig. 40—44.

Av de två föreliggande exemplaren är det ena, fig. 6, som troligen är dorsalskalet, nästan platt, det andra (ventralskalet?) något mera, fast föga, välvt. Båda skalen ha nästan elliptisk form, endast obetydligt tillspetsade upptill. De visa fina, något ojämna tillväxtstrimmor, bland vilka en och annan (var 6:te ungefär) är starkare markerad än närliggande. Å det plattare skalet ses, i viss belysning, vid undre randen liksom en svag antydan till fina längdribbor.

Skalens höjd förhåller sig till bredden ungefär som 4 : 3, eller 6 mm. : 4,5 mm. Beträffande storleken överensstämmer den skånska arten väl med den engelska.

Av avbildningen att döma skulle hos den engelska formen övre ändan vara något mera tillspetsad, än vad fallet är hos våra exemplar. I övrigt synes god överensstämmelse äga rum. Skillnaden, om i själva verket sådan förefinnes, torde vara alltför obetydlig, att Smedstorps-formen skulle kunna betraktas som en egen art.

I Smedstorp påträffad å *lokal a*.

I England är *Lingula lata* Sow. känd från Ludlow-lager.

---

[1] Holm, G.: Gotlands graptoliter. Bih. t. Kgl. sv. Vet.-Akad. Handlingar 1910. Band 16.

[2] Moberg och Törnquist: Retioloidea från Skånes colonusskiffer. S. G. U. Årsbok 2 (1908): N:r 5, sid. 19, tavl. I, fig. 14. Stockholm 1909.

Discina pagodica n. sp.

Tavl. I, fig. 10.

Endast ett exemplar har anträffats. Skalet är nästan cirkelrunt, c:a 11 mm. i diameter, med höjden obetydligt större än bredden. Apex hög, subcentral och mycket spetsig samt något sammantryckt från sidorna. Vid skalets nedpressning har det perifera partiet delvis brustit, vadan skalets ursprungliga profil i någon mån deformerats. Det vill emellertid synas, som skulle skalet ha varit något litet starkare välvt bakom än framom apex. Profillinjen i symmetriplanet blir därför, frånsett partiet allra närmast apex, i bakre delen svagt konvex, i den främre däremot något konkav. Ingen fissur kan med säkerhet iakttagas.

Orneringen utgöres av 5—6 föga utpräglade terrasslinjer, mellan vilka finnes en mycket fin, oregelbunden, koncentrisk striering.

Fyndort: *lokal a.*

Arten liknar visserligen något en del former av *Discina Maeotis* Eichw. (cfr Barrande, l. a. c., Vol. V, pl. 100, II), men nämnda art synes ha en mera regelbunden ornering, med skarpt markerade terrasslinjer och längdstriering, samt vara av betydligt mindre storlek, vadan någon förväxling med vår art ej bör kunna ifrågakomma.

Pholidops elliptica n. sp.

Tavl. I, fig. 8 och 9.

Omkrets avlångt elliptisk. Skal måttligt välvt med subcentral umbo. Vad orneringen vidkommer, visa de två anträffade exemplaren en viss olikhet, som dock säkerligen endast beror på bevaringssättet. Å båda exemplaren ses, jämte ett fåtal grövre tillväxtstrimmor, talrika andra, betydligt finare och mera ojämna. Medan man hos det ena exemplaret finner föga skillnad mellan grövre och finare tillväxtstrimmor, är hos det andra, som genom hoppressning från sidorna blivit delvis skadat, denna skillnad högst betydlig. De grövre strimmorna äro här synnerligen kraftigt markerade, bildande verkliga fåror, den däremellan varande strieringen däremot nästan utplånad.

Det bäst bevarade exemplaret har en längd av 2,5 mm. och en bredd av 1,5 mm., det andra synes hava varit något större.

Träffad å *lokal a.*

Genom sin från sidorna hoptryckta, ellipsen sig starkt närmande form samt genom sin subcentrala umbo är *Pholidops elliptica* väl skild från de båda andra arter av samma släkte, som förekomma i våra yngre silurlager.

Orthis Holsti n. sp.[1]

Tavl. I, fig. 13.

Tämligen liten, halvcirkelformig, med största bredden utmed den raka låsranden. Såväl ventral- som dorsalskal starkt konvexa. Umbo, som är väl markerad, skjuter knappast upp över låsranden. Ett fullt utbildat exemplar visar 10 starka, odelade, radierande, trubbvinkliga ribbor, skilda genom djupa fåror af samma bredd och form som ribborna. Då ribbor och fåror utan gräns övergå i varandra, visar tvärprofilen helt enkelt en zigzagformigt böjd linje. Å umbonala partiet ses 4—5 ganska kraftiga, koncentriska veck.

Förekommer ymnigt å *lokal a*, där den är det allmännaste fossilet.

Orthis sp.

Tavl. I, fig. 14.

Det enda anträffade exemplaret, som är viket utefter skalets hela bredd, med undre delen starkt nedböjd och sammanpressad, har den raka låsranden något kortare än skalets bredd. Umbo är liten, spetsig, helt obetydligt skjutande upp över låsranden. Skalet täckes av radierande, ganska grova, trådlika ribbor, av vilka man i umbonala partiet kan räkna ett dussin. På något avstånd från umbo uppträda mellan dessa flera mindre och smalare dylika, mot ytterranden tilltagande i styrka, så att man vid denna kan räkna ungefär 50, i det stora hela jämnstarka strålar. Denna radierande ornering övertväras av fina, koncentriska tillväxtstrimmor, av vilka några äro starkare än de övriga.

Fyndort: *lokal a*.

Storlek: bredd 14 mm., höjd 7,5 mm.

Detta skal har en viss likhet med ventralskalet till Lindströms *Strophomena crispa*[2]. Detta senare är emellertid på tvären betydligt mindre utdraget och har ej så avrundade hörn, varför någon förväxling ej behöver ifrågakomma.

Strophomena bracteola Barr.

Tavl. I, fig. 11 och 12.

1879. *Strophomena bracteola* Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. V, pl. 45, fig. 17—24; pl. 53, fig. 1—6.

Nära halvcirkelformig med övre hörnen något utdragna. Ventralskalet har partiet närmast umbo, som skjuter obetydligt fram över låsranden, samt partiet

[1] Arten är uppkallad efter Dr N. O. Holst, som först observerat fyndorten.

[2] Lindström, G.: Bidrag till kännedomen om Gotlands Brachiopoder. Översikt af Kgl. Vet. Akad. Förh. Årg. 17. N:r 8 (1860). Sid. 373, tavl. XIII, fig. 17.

närmast ytterranden lindrigt konvexa. Det däremellan liggande partiet är svagt konkavt. Å det utmed ytterranden konkava dorsalskalets mitt sträcker sig från umbo, som å detta skal ej skjuter fram över låsranden, en grund sinus mot ytterranden. Skalets inre parti är å ömse sidor om denna sinus svagt konvext, jämnt sluttande mot ytterranden.

Ytan å båda skalen betäckes dels av små koncentriska, valklika veck, dels av radierande, trådlika ribbor.

Storlek: längd 14 mm., höjd 8 mm.

Förekommer sällsynt å *lokal a.*

I Böhmen har arten anträffats i lager tillhörande étage E e 1—e 2.

Leptæna comitans Barr. sp.

Tavl. I, fig. 15—17.

1879. *Strophomena comitans* Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. V, pl. 56 och pl. 127, fig. 2 a, A, g.

Halvcirkelformig kontur. Ventralskalet konvext med spetsig, låsranden endast obetydligt överskjutande umbo. Dorsalskalet svagt konkavt. Båda skalens yta visar 5, någon gång flera, på lika avstånd från varandra belägna, fina, trådlika, radierande ribbor. Mellanrummen mellan dessa huvudribbor äro försedda med ytterst fina radierande strier. Härtill komma talrika tillväxtlinjer, bland vilka 3 à 4 äro starkare utpräglade än de övriga. På exemplar, som visa avtrycken efter ventralskalens *innersida*, synas, liksom hos närstående former, ofta rader med små, avlånga hål, ordnade utefter ribbor och strier (se tavl. I, fig. 16.)

Storlek: bredd 5 mm., längd 3 mm.

Förekommer ganska talrikt å *lokal a.*

I Böhmen, där denna art är allmänt förekommande, har den en synnerligen stor vertikal utbredning, börjande i översta delen av étage D och fortsättande ända upp i étage G.

Chonetes cingulata Lindstr.

Tavl. I, fig. 18 och 19.

1860. *Chonetes cingulata* Lindström, Bidrag till kännedomen om Gotlands Brachiopoder, Översikt af Kgl. Vet. Akad. Förh. Årg. 17. N:r 8. Sid. 374, tavl. XIII, fig. 19.

? 1879. *Chonetes gluma* Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. 5, pl. 137, fig. VII: 1.

Endast ventralskal föreligga. Dessa äro halvcirkelformiga, svagt konvexa. Låsranden, lika eller nästan lika lång som skalets bredd, visar 4—6 taggar, som stå vinkelrätt ut från randen och äro svagt böjda mot umbo. Å skalet märkes en stark mittribba, som merendels fortgår odelad och endast sällan, närmare ytter-

randen, visar spår till klyvning. Å ömse sidor om denna midtribba täckes skalet av från umbo utstrålande, fina, jämnstarka ribbor, som med bibehållen styrka genom bifurkation alltjämt ökas till antal, så att man vid yttre randen kan å vardera sidan räkna 30 stycken. Även fina, koncentriska strier betäcka skalets yta.

Höjd 5 mm., bredd 8 mm.

Förekommer ganska allmänt å *lokal a*.

Mycken likhet med denna art företer också *Chonetes gluma* Barr. (L. c. Vol. 5, pl. 137, fig. VII: 1), detta såväl vad ornering som storlek beträffar. Enligt Barrande's avbildning skall dock den böhmiska arten ha kortare låsrand och vara något välvd vid undre (yttre) randen. Då emellertid dessa karaktärer mycket väl kunna vara tillfälliga (bero på en mindre god bevaring eller dylikt), synes mig skäl för en identifiering ingalunda alldeles saknas.

Arten beskrevs av Lindström från Fröjel och Gannarve å Gottland (Lindströms zon c). *Chonetes gluma* anföres av Barrande från Kozel (étage E e 2).

Atrypa Dormitzeri Barr.

Tavl. I, fig. 21—24.

1879. *Atrypa Dormitzeri* Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. V, pag. 12, pl. 92, I.

Under detta namn avbildar Barrande ett tiotal exemplar (från Böhmens e1—f2), som i flera hänseenden äro varandra ganska olika, framförallt genom de radierande veckens växling såväl till form som antal. Han anser dem dock tillhöra en och samma starkt varierande art, för vilken han betraktar den i hans figurer 2 a och 2 A avbildade som grundtyp.

Å *lokal b* ha påträffats ganska talrika exemplar, som jag anser mig kunna identifiera med denna art, i den nämnda grundtypens form.

Skal nästan cirkelrunda. Dorsalskalet konvext. Dess kantavrundade jugum börjar ett litet stycke från umbo, är där helt lågt och smalt, men tilltar starkt i höjd och bredd, allt eftersom det närmar sig undre randen. Ventralskalet är konvext med ganska djup sinus. Å ett av mina exemplar (det i fig. 24 avbildade) är skalet å ömse sidor om sinus nästan valkformigt uppdrivet.

Orneringen utgöres, för så vitt den å mina exemplar är synlig, endast av grova, oregelbundna, koncentriska veck.

Atrypa sp.

Tavl. I, fig. 20.

Även å *lokal a* har anträffats ett litet exemplar av en brachiopod, som jag anser mig kunna föra till släktet *Atrypa*. Det utgöres av ett dorsalskal, nästan

cirkelrunt, något konkavt, med avrundat jugum, som, jämnt tilltagande såväl i höjd som bredd, sträcker sig från umbo mot undre randen.

Skalets ornering utgöres av fina, väl markerade, koncentriska tillväxtstrier.

Lamellibranchiata.

Ambonychia antiquissima Barr.

Tavl. I, fig. 25 och 26.

1881. *Pinna? antiquissima* Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. VI, pl. 195, fig. IV.

Trapezoëdrisk, sned, med terminal, ganska spetsig, nästan rak eller svagt framåtböjd umbo och främre randen starkt sluttande. Av kärnorna att döma, har det svagt välvda skalet haft 8—9 ribbor, vilka alla tagit sin början först på något avstånd från umbo, som själv varit ofårad. Ribborna, som i den mån de närma sig undre randen alltjämt tilltaga i bredd, äro i allra första början rundade, men få ganska snart plan rygg. De skiljas av grunt V-formiga fåror, föga smalare än ribborna. Av dessa senare äro de mellersta bredast, de framför dessa belägna, föga smalare, men ju närmare bakre randen ribborna ha sin plats, dess mera avsmalna de och sträcka sig samtidigt längre upp mot den ofårade delen av umbo, som endast visar en svag antydan till koncentrisk striering. Någon finare skulptur är i övrigt ej att märka, något som dock måhända kan bero därpå, att alla våra exemplar sakna skal.

Vid jämförelse med Barrande's avbildningar vill det visserligen synas som skulle den svenska formen vara något smalare och mera tillspetsad, men detta torde kunna antagas bero på bevaringstillståndet.

Förekommer rätt sparsamt å *lokal a*; enligt Barrande är den likaledes sällsynt i Böhmen, där den påträffats i étage E e 2.

Modiolopsis senilis Barr.

Tavl. I, fig. 27.

1881. *Modiolopsis senilis* Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. VI, pl. 263, III.

Under detta namn har Barrande avbildat flera till form och utseende varandra ganska olika musslor, alla från Butowitz och tillhörande étage E e 1. Flertalet avbildningar visa utseendet av högerskalet. Vänsterskalet (l. c., fig. 16—18) skiljer sig därifrån rätt avsevärt genom en från umbo utgående, särskilt vid skalets undre rand skarpt markerad, sinus.

Å *lokal a* har påträffats ett fåtal exemplar, samtliga vänsterskal, som vi vilja identifiera med BARRANDE's nämnda art. Skalet, som närmast kan sägas vara äggrunt, är i diagonal riktning väl välvt. Umbo är belägen vid främre ändan av den raka låsranden. Bakre ändan är jämnt avrundad. Övre randen bildar med den främre en trubbig vinkel. Det främre låga partiet skiljes från den bakre starkt vidgade och betydligt högre delen genom en tydlig fåra, som sammanfaller med bakre gränsen för en grund sinus, som från umbo sträcker sig till undre randen något framom skalets mitt. Nämnda sinus markeras synnerligen kraftigt genom en skarp inbuktning av undre randen.

Skalets ornering utgöres av fina, med ytterranden parallella strier.

Skalets längd är 16 mm. och dess största höjd 12 mm. Beträffande storleken synas de skånska exemplaren väl överensstämma med de böhmiska.

Modiolopsis linguatus n. sp.

Tavl. I, fig. 28.

Liknar ganska mycket föregående art, från vilken den dock skiljer sig genom mera långsträckt form, i det att skillnaden mellan den bakre och främre delens höjd ej är så stor som hos *Modiolopsis senilis*. Även det från umbo snett bakåt mot undre randen gående grunda vecket är mindre skarpt utpräglat. Bakre ändan är mera tungformigt utdragen, varvid bakre randen kommer att bilda en starkt konvex båge. Medan de i stort sett med ytterranden parallella, starkt markerade tillväxtlinjerna framom tvärfåran (eller vecket) böja om i nästan rät vinkel hos *Modiolopsis senilis*, göra de å *Modiolopsis linguatus* en betydligt svagare, mera jämn båge.

Det enda påträffade exemplaret, ett vänsterskal från *lokal b*, har en längd av 13 mm. och en maximihöjd av 7 mm.

Mytilus (Myalina?) esuriens BARR.

Tavl. II, fig. 1—3.

1881. *Mytilus esuriens* BARRANDE, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. VI, pl. 208, I.

Till denna art vill jag, om ock med någon tvekan, föra några å *lokal a* anträffade musslor av ganska växlande form. I stort sett är deras kontur ovalt triangulär med största bredden vid mitten. Umbo är belägen vid främre ändan av låsranden. Det tillspetsade skalet synes vara jämförelsevis platt, något som dock till en del möjligen kan bero på tryck och pressning. Ett av de föreliggande exemplaren

visar nämligen en mera välvd form. Orneringen utgöres av föga utpräglade terrasslinjer, mellan vilka finnes en mycket fin, koncentrisk striering.

Anföres av Barrande från Böhmens étage E e2.

Ctenodonta retusa n. sp.

Tavl. II, fig. 6.

Något på längden utdragen; längd: höjd = 3 : 2. Största höjden är över umbo, som är rak och hög samt belägen något framom musslans mitt. Undre randen, som är starkt bågböjd, övergår såväl framtill som baktill tämligen tvärt i den övre. Framom umbo sluttar övre randen jämnt framåt; bakom umbo är den tvärt nedböjd, men fortgår därefter tämligen vågrätt. Hela musslan är mellan övre och undre randen ganska starkt välvd.

Mitt enda, å *lokal a* påträffade, exemplar saknar skal och visar intet som helst spår av någon striering.

Arten överensstämmer närmast med *Ctenodonta securiformis* Grönw. Den skiljer sig dock från denna därigenom, att den har något mindre långdragen form samt trubbigare umbo, som därtill sitter något närmare låsrandens mitt.

Nucula sp. (I)

Tavl. II, fig. 7—9.

Oval, starkt välvd. Umbo tillspetsad, belägen nära främre ändan och skjutande något upp över låsranden, som bildar en trubbig vinkel. Ett exemplar visar tydliga låständer av för släktet vanlig form. Spår av en fin, koncentrisk striering kan skönjas på ytan.

Längden förhåller sig till höjden som 3 : 2.

Största anträffade exemplaret mäter i längd 6 mm., i höjd 4 mm.

Fyndort: *lokal a*.

Nucula sp. (II)

Tavl. II, fig. 10.

Skal ovalt, välvt, med främre ändan brett rundad, den bakre något smalare. Umbo, svagt framåtriktad, belägen på ett avstånd från främre randen av ungefär 1/4 av skalets längd. Undre randen är jämnt rundad. Låsranden bildar en mycket trubbig vinkel. Skalet visar en regelbunden och fin koncentrisk striering.

Genom sin svagare, låsrandens mitt något mera närmade umbo samt genom svagare välvning är den lätt skild från föregående.

Storlek: längd 6 1/2 mm., höjd 4 1/2 mm.

Fyndort: *lokal a*.

Nucula sp. (III)

Tavl. II, fig. 11.

Liknar föregående, men är nästan platt. Umbo, svagt framskjutande över låsranden, är belägen på ett till 1/3 av skalets hela längd uppgående avstånd från främre ändan. En ytterst fin, koncentrisk striering kan skönjas utmed yttre randen.

Storlek: längd 5 mm., höjd 3 1/2 mm.

Fyndort: *lokal b.*

Nucula sp. (IV)

Tavl. II, fig. 12.

Oval, svagt välvd, med kraftig, vid mitten belägen umbo. Ingen ornering kan iakttagas.

Storlek: längd 5 mm., höjd 3 mm.

Fyndort: *lokal b.*

Lunulicardium caudagalli n. sp.

Tavl. II, fig. 4.

Likskalig, väl välvd, med terminal, starkt framåtböjd umbo. Främre och undre randen övergå jämnt i varandra och bilda nästan en halvcirkel. Den indrigt konvexa bakre randen bildar med den undre en svagt trubbig vinkel. Umbonala partiet (protoconchan) är alldeles glatt, men övriga skalet är ornerat med ungefär 40 enkla, sällan kluvna, radierande, skarpa, trådfina längdribbor, skilda genom fåror af samma bredd och form som ribborna. Medan de bakersta äro parallella med musslans bakre rand, böja de följande mer och mer framåt, så att de främsta komma att stå i rät vinkel mot de bakersta. Ribborna äro böjda efter varandra likt fjädrarna i en tuppstjärt, därav artnamnet. Även en ytterst fin, koncentrisk striering kan skönjas.

Å ett av mina exemplar är det främre fältet genom sin betydligt svagare ornering skarpt skilt från det övriga skalet. Å andra exemplar förefinnes emellertid icke någon sådan olikhet i orneringen, varför ett dylikt främre fält ej alltid framträder.

Fyndort: *lokal a.*

Cardiola interrupta Sow.

Tavl. III, fig. 1—5.

1839. *Cardiola interrupta*, MURCHISON. The silurian system. II. Pag. 617, pl. 8, fig. 5.

1881. *Cardiola interrupta*, Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. VI, pag. 267, pl. 170, fig. 38—41; pl. 171—174; pl. 180, fig. 1—12; pl. 182, fig. 1—6 och pl. 189, fig. 7—12.

Barrande har, l. c., av de böhmiska *Cardiola*-formerna särskilt en mängd arter, ofta nog på helt obetydliga karaktärer. I Sverige ha vi däremot av gammalt brukat sammanföra alla här förekommande *Cardiola*-former till endast två arter, nämligen *Cardiola interrupta* Sow. och *Cardiola fibrosa* Sow. Den sistnämnda arten, som ej tyckes nå så högt som den förra, har en ganska karaktäristisk skulptur och torde lätt kunna hållas isär från övriga *Cardiola*-former. *Cardiola interrupta* Sow. synes däremot vara mycket växlande både till form och skulptur. Huruvida de ofta ytterst små skiljaktigheterna böra anses utmärka självständiga arter eller blott varieteter av en enda huvudform, är svårt att avgöra. Härtill skulle nämligen erfordras ett vidlyftigt material och framförallt noggranna uppgifter om den geologiska horisont, varje särskilt fossil tillhör. I vissa skikt träffas, såsom redan Linnarsson [1] framhållit, så gott som uteslutande små individ, även dessa troligen tillhörande *Cardiola interrupta* Sow., något som dock, för närvarande åtminstone, ej är möjligt att med säkerhet avgöra, helst som artskiljande karaktärer väl knappast kunna komma till synes förrän skalet nått en viss storlek.

Cardiola interrupta Sow. har anträffats å båda lokalerna vid Smedstorp. Å *lokal a* förekommer den synnerligen talrikt, å *lokal b* mera sparsamt. Så gott som samtliga här påträffade exemplar äro mer eller mindre pressade, vilket gör att de visa en ganska växlande form, än nästan rund, än mera hög och smal. Arten synes tydligen ha varit väl välvd med stark, något nedböjd och framåtböjd umbo. Orneringen utgöres dels av radierande ribbor, dels av dessa övertvärande koncentriska fåror. Ribborna äro kraftiga, platta eller något rundade, solfjäderformigt ställda, något böjda (å såväl främre som bakre delen svagt utåt konkava) samt tilltaga, liksom deras mellanrum, i bredd mot ytterranden. De koncentriska fårorna äro starkt markerade, djupast å partiet mellan umbo och skalets mitt, men därefter mot ytterranden hastigt avtagande både i djup och bredd. Närmare ytterranden utgöres skalets ornering förutom av de radierande ribborna vanligen endast av ytterst fina tillväxtstrimmor. Avståndet mellan de koncentriska fårorna växlar högst betydligt. En dylik växling förete även Sowerby's båda originalfigurer av *Cardiola interrupta* (se Murchison: Sil. syst. II. Pl. 8, fig. 5). På grund av den koncentriska orneringen, som övertvärar de mot undre randen i bredd tilltagande radierande ribborna, komma dessa senare att uppdelas i små knölar eller åsar, som i musslans övre del bliva långsträckta, men närmare ytterranden mera kvadratiska, eller t. o. m. något utdragna i ribbornas tvärriktning. Åömse sidor om umbonala partiet finnes å vissa exemplar ett triangulärt fält, som visar ytterst svag ornering. Fig. 4,

[1] Linnarsson, G.: Anteckningar från en resa i Skånes silurtrakter år 1874. G. F. F. Bd. 2 (1875). Sid. 270.

tavl. III, visar en form, som har de koncentriska fårorna ända ut till skalets ytterrand starkt markerade. Den skiljer sig därigenom något från den form, som vanligen går under namn av *Cardiola interrupta* och närmar sig i viss grad till *Cardiola amplians* Barr. (Syst. sil. Vol. VI, pl. 160 : II, fig. 1—26).

Arten synes äga synnerligen stor utbredning såväl vertikalt som horisontalt. Från så gott som alla europeiska länder, där gotlandiska lager påvisats, finner man den omnämnd. Såsom redan i det föregående påpekats, uppträder den i mellersta Europa redan i lager ekvivalenta med övre delen av vår cyrtograptusskiffer, och som vi veta är den ännu i vår colonusskiffer ett av de allmännast förekommande fossilen. 1889 säger Törnquist i »Några anmärkningar om vestra Europas kambriska och siluriska korologi» att den i Skåne förekommer uteslutande i colonusskiffern. Då litteraturen ej omnämner arten från annan del av vårt land än Skåne, skulle man sålunda ha all anledning anse den hos oss vara karaktäristisk för colonusskiffern allena. Men enligt mig av Prof. S. L. Törnquist benäget lämnad muntlig uppgift har han anträffat arten, om ock sparsam, även i retiolitesskiffern vid Nitsjö i Dalarna. Efter granskning av exemplar i Törnquists samlingar, som nu tillhöra Lunds Universitets Geolog.-mineralog. Institution, anser jag mig kunna konstatera, att här otvivelaktigt föreligger en *Cardiola interrupta* Sow. Huruvida arten i Skåne och Dalarna företrädes av samma typ(er), är däremot ej så lätt att avgöra. Exemplaren från Nitsjö äro nämligen illa bevarade, så att skulpturens finare detaljer äro svåra att iakttaga. Det vill dock synas, som skulle å flertalet längdribborna vara betydligt finare än hos fullvuxna skånska exemplar av typisk form. Dock föreligger även från Nitsjö åtminstone ett, som visar rätt grova längdribbor.

Artens uppträdande redan i cyrtograptusskiffern även inom vårt land torde sålunda väl ej kunna bestridas. Huruvida man kan vänta sig, att bland de många växlande former, med vilka denna art uppträder, finna skilda typer karaktäristiska för skilda delar av lagerserien, är däremot en fråga som ej för närvarande kan besvaras.

Cardiola migrans Barr.

Tavl. III, fig. 6 och 7.

1881. *Cardiola migrans* Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. VI, pag. 268, pl. 183, fig. 12—15 och pl. 184.

Barrande säger sig, l. c., vara oviss om, huruvida denna art verkligen är att föra till släktet *Cardiola*. Närmare upplysningar i denna fråga har ej heller vårt material kunnat lämna.

Liksom föregående art visar även denna vissa variationer, vad skalets såväl form som skulptur beträffar. Den skiljer sig dock tydligt från alla andra *Cardiola*-arter genom sin alltid ringa storlek samt mera sneda och långsträckta form. Skalens ornering visar i stort sett samma utseende som orneringen hos *Cardiola interrupta* Sow. Såväl den radierande som den koncentriska skulpturen äro ungefär

lika starkt markerade och sträcka sig över hela skalet med undantag av umbonala partiet, som är slätt. De koncentriska fårornas jämna förlopp brytes genom små uppåtriktade valvlika bågar, varigenom ribborna få liksom fjällig struktur. Denna är å vissa av mina exemplar väl utbildad (jfr fig. 7), å andra är den knappast märkbar, och å dessa uppdelas ribborna endast i mer eller mindre långsträckta knölar (se fig. 6).

Arten förekommer vid Smedstorp å båda lokalerna, talrikast å *lokal a*, sparsammare däremot å *lokal b*.

Utom från Böhmen (e 1 och e 2) är denna art förut känd dels från Frankrike [1], där den träffats både vid Feuguerolles (région du Nord) och vid Faytis, nära Niffiez (région du Midi), dels också från Portugal [2], där den påträffats å åtskilliga fyndorter för gotlandium.

Dualina? sp.

Tavl. II, fig. 18.

Till detta släkte förer jag, om ock med stor tvekan, ett litet å *lokal a* påträffat musselskal. Att släktbestämningen, som endast kunnat baseras på habituell likhet med vissa *Dualina*-former från Böhmen, måste anses som osäker, beror väsentligen därpå att här endast musslans ena skal anträffats, vartill kommer att detta vid bevaringen i viss mån deformerats.

Antipleura? cucullæifomis n. sp.

Tavl. II, fig. 19.

Rundat triangulär med tvärhuggen bakre ända. Väl välvd. Främre rundade randen övergår med jämn båge uti den något konvexa undre randen. Bakre randen är nästan rak. Låsets beskaffenhet har ej kunnat iakttagas, och ej ens låsrandens form är fullt tydlig. Från umbo, som är kraftigt utvecklad, böjd in över låsranden samt något bakåtböjd, sträcker sig till bakre-undre hörnet en något svängd, bakåt konkav, köl, som avskiljer ett utåt starkt sluttande parti. Omedelbart framom umbo löper en svagt markerad fåra nästan rakt ned till undre randen.

Orneringen utgöres dels av fina, något ojämna, trådformiga, radierande ribbor, dels av fina tillväxtlinjer, särskilt i umbonala partiet beledsagade av grunda, men tydligt markerade koncentriska veck.

Fyndort: *lokal a*.

Släktbestämningen måste betraktas som mycket osäker. Av de båda påträffade kärnorna tillhör den ena ett högerskal, den andra ett vänsterskal. Å det förra har umbo varit bakåtböjd; å vänsterskalet ser det däremot ut som skulle den varit framåtböjd, men då skalets umbonala parti tydligen är krossat och starkt nedpressat,

---

[1] Barrande, J.: Syst. sil. etc. Vol. VI, pag. 41.

[2] Delgado, J. F. Nery: Système silurique du Portugal. Étude de stratigraphie paléontologique. Lisbonne, 1908.

är det omöjligt att fälla något bestämt omdöme om dess ursprungliga form. Skenbart åtminstone äro emellertid vänsterskalets och högerskalets umbones böjda åt motsatta håll, en karaktär som enligt Barrande [1] skall tillkomma släktet *Antipleura*. Frånsett denna tvivelaktiga karaktär grundar sig min släktbestämning endast på den habituella likheten med vissa av Barrande's avbildningar till *Antipleura Bohemica* (Syst. sil. Vol. VI, pl. 16, fig. 12 och 18). Särskilt måste dock anmärkas, att de till släktet *Antipleura* hörande formerna enligt Barrande skola ha mera cirkelrund kontur samt mera globos form än vår art.

Några verkligt avgörande skäl för att hänföra vår form till släktet *Antipleura* föreligga sålunda icke. Men då större likhet med något annat känt släkte ej synes vara för handen och det naturligtvis ej kan komma ifråga, att på det nu föreliggande ringa materialet upprätta ett nytt släkte, har jag ansett det nu valda förfaringssättet för tillfället lämpligast.

Maminka? suecica n. sp.

Tavl. II, fig. 20.

Till släktet *Maminka*, av Barrande [2] först uppställt för en del musslor från Böhmens étage E, vill jag, om ock med någon tvekan, föra ett å *lokal a* anträffat avtryck av insidan till ett vänsterskal. Att släktbestämningen till en viss grad måste anses såsom mindre säker beror särskilt därpå, att jag endast lyckats finna det ena skalet, medan för en säker bestämning även ett högerskal skulle behövas. Enligt Barrande äro nämligen de båda skalen hos detta släkte varandra ganska olika: det ena är mindre välvt än det andra och försett med en, å det senare ej förefintlig, från umbo till undre randen gående, djup fåra. En dylik, om ock ej vidare kraftigt utpräglad, karaktäriserar även det här ifrågavarande skalet från Smedstorp, men i övrigt är det mestadels på grund av habituell likhet jag fört arten till släktet *Maminka*. Till sitt yttre erinrar visserligen vårt fossil åtskilligt om en *Grammysia*, men till detta släkte kan dock vår art med sin vackra radierande skulptur ej gärna föras, då dithörande kända arter alla ha enbart koncentrisk ornering.

Formen är på det hela taget långsträckt oval, väl välvd, med spetsig, något nedåt- och bakåtböjd umbo, som är belägen något framom mitten av låsranden. Främre rundade randen övergår i jämn båge till den svagt konvexa, undre randen, mot vilken den raka bakranden däremot synes bilda en ganska tvär vinkel. Från umbo sträcker sig till bakre-undre hörnet en något konkav köl, som avskiljer ett utåt ganska starkt sluttande fält, »arean». [3] Från apex till undre randen går en svagt framåt konvex fåra, som börjar å främre sidan av umbo och avskiljer ett främre,

---

[1] Barrande, J.: Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. VI, pag. 18.

[2] Barrande, J.: Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. VI, pag. 105.

[3] I Barrande's beskrivning av släktet *Maminka* kallas detta fält »lunula»

svagare välvt parti, vars bredd knappt uppgår till en tredjedel av hela skalets. Genom en annan från umbonala partiets främsta del utgående svag linje fås antydan till en föga markerad lunula.

Orneringen (å kärnan) utgöres av plana eller svagt rundade, föga upphöjda, radierande ribbor, vilkas mellanrum ha samma bredd som ribborna. Även spår av en ytterligt fin koncentrisk striering kan skönjas.

Denna art liknar ganska mycket vissa bland BARRANDE's avbildningar av *Maminka comata* BARR. och *Maminka tenax* BARR., såsom t. ex. hans fig. 7 å pl. 186 och fig. 20 å pl. 187, l. a. c. Vår art skiljer sig dock från dessa genom en på tvären mera utdragen form och genom sin mera tillspetsade umbo. Vidare är, som redan nämnts, vårt exemplar ett vänsterskal, då däremot BARRANDE's anförda avbildningar visa utseendet av högerskal, något som enligt släktdiagnosen innebär, att vänsterskalet skulle vara ofårat.

Stolidotus[1] **siluricus** n. g. et n. sp.

Tavl. II, fig. 14—17.

Å *lokal a* ha påträffats några exemplar av det fossil vi här beskriva under ovanstående namn. Då endast en art föreligger, har ej någon skillnad mellan släkt- och artdiagnos kunnat göras. Som karaktäristiskt för släktet räkna vi emellertid den egendomliga utbildningen av det umbonala partiet, för vilken nedan närmare redogörelse lämnas och till vilken vi ej kunnat finna någon direkt motsvarighet hos annat känt släkte.

Mussla, med båda skalen lika, med mittpartiet i oro-anala axelns riktning tämligen platt, men i övrigt medelmåttligt välvda, i stort sett triangulära. Främre randen nästan rak, den bakre rundad; undre randen svagt bågböjd. Lås obekant. Umbo, som skjuter något över låsranden, är starkt inåt- och något framåtböjd samt försedd med tre kraftiga, radiala, fördjupade[2] veck, som å umbonala partiet alla äro av ungefär lika styrka. Mot undre randen tilltaga vecken i bredd men försvagas samtidigt mer och mer. De båda främre utplånas ganska snart nästan fullständigt; det bakre gör sig däremot ännu vid undre randen fullt märkbart.

En rak, kraftig, rundad köl utgör gräns mellan bakre fåran och det starkt konkava bakre fältet. Även framtill märkes en visserligen svagare markerad men dock tydlig köl, avgränsande ett litet främre fält, som dock på grund av skalets nedpressning ej å något fullvuxet exemplar framträder fullt tydligt. Av ett ungdomsindivid (tavl. II, fig. 14), där detta starkt nedåt sluttande parti är något bättre bevarat, vill det nästan synas som skulle skalen framtill haft en utskärning under umbones och sålunda här ej varit fullt slutna. I så fall torde väl släktet snarast vara att ställa i närheten av *Pholadomya*.

---

[1] Namnet härlett av στολιδωτός = rynkig.

[2] Medräknas den i det följande omnämnda bakre kölen, skulle vi här, med vederbörliga ändringar i beskrivningen i övrigt, lika gärna kunnat tala om 3 *upphöjda* veck.

Hela skalets yta täckes av fina, från umbo radierande, plana ribbor, skilda av smalare, grunda fåror. Endast å den mellan främre och bakre kölen befintliga delen räknas närmare 40 dylika ribbor. Det vill synas som skulle dessa å bakre fältet vara något litet kraftigare än å övriga delen av skalet. Förutom dessa radiala ribbor visar skalet ytterst fina, koncentriska tillväxtstrimmor, varjämte umbonala partiet även har 3 à 4 särskilt vid främre ändan kraftigt markerade, koncentriska veck. Unga individ, hos vilka ovannämnda umbonala skulptur dominerar, få härigenom ett från de utvuxna ganska avvikande utseende.

Obestämbar mussla. (I)

Tavl. II, fig. 5.

Starkt välvd. Umbo befinner sig ungefär vid musslans mitt och skjuter något fram över den som det vill synas raka låsranden. Främre partiet något lägre än det bakre. Främre randen, starkt bågböjd. övergår i den undre med jämn båge. Bakre randen, som är nästan rak, bildar med den undre en i det närmaste rät vinkel. Genom tvenne från umbo till respektive främre-undre och bakre-undre hörnet gående raka, ganska väl markerade kölar avskiljas ett främre och ett bakre fält.

Ytan visar ytterst fin koncentrisk striering.

Längd 4 mm., höjd 2,5 mm.

Fyndort: *lokal a.*

Obestämbar mussla. (II)

Tavl. II, fig. 13.

Från *lokal a* föreligger ännu en mussla, som ej visar några mera karaktäristiska kännetecken, men som dock måste representera en från övriga här beskrivna tydligt skild art. Musslan är väl välvd och har umbo starkt uppskjutande, något framåtböjd, submedian. Skalet, som i stort sett har konturen av en föga excentrisk ellips, är i främre delen något lägre än i den bakre.

Gastropoda.

Archinacella dubiosa n. sp.

Tavl. III, fig. 10 och 11.

Skalets kontur bildar en ellips med största bredden något framom mitten. Starkt välvd, med maximihöjden strax bakom apex, som skjuter något fram över randen och är svagt nedböjd. Unga individ äga en mera sammantryckt form, med största höjden vid mitten (tavl. III, fig. 11). På grund av sammanpressning från sidorna bildas längs skalets mittlinje en skarp köl (tavl. III, fig. 10 a).

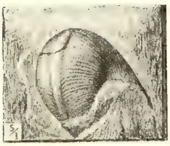
Denna, som kunnat iakttagas å samtliga påträffade exemplar, visar dock något olika förlopp å skilda individ, vilket gör, att den ej får anses som ursprunglig [1]. Orneringen utgöres endast av grova, koncentriska tillväxtlinjer.

Det största anträffade exemplaret visar följande storleksförhållanden: längd 4 mm., bredd 3 mm., största höjd 1,5 mm.

Förekommer sparsamt å *lokal a.*

Bellerophon buccinatus n. sp.

Tavl. III, fig. 12, samt textfiguren.



Snäckan involut, subglobos. Mynningen starkt utbredd. Övre läppen har en svag, grund inskärning. Sinusbandet är föga upphöjt, rundat, $^1/_2$—$^3/_4$ mm. brett. Skalets ornering består väsentligen av fina, upphöjda tvärstrimmor (se vidstående figur). Ett par fragment visa dock, att därjämte även funnits en svagare längdstriering.

Mynningens bredd uppgår till 10 mm.

Av denna form har endast ett fåtal fragmentariska exemplar anträffats, samtliga från *lokal a.*

Umbospira sp.

Tavl. III, fig. 8.

Snäckan är platt eller svagt konisk, vanligen starkt sammanpressad och bestående af $3^1/_2$ vindningar. Skalet, oftast bevarat i svavelkis, är mestadels alldeles slätt. Å en del exemplar kan dock en ytterligt fin transversal striering skönjas.

Snäckans största iakttagna diameter utgör 3,5 mm.

Förekommer ganska talrikt å *lokal a*, dock oftast i mycket fragmentariskt skick.

Denna lilla form visar en slående likhet med *Umbospira nigricans* Barr. (Barrande: Syst. sil. Vol. IV: tome I, pl. 42, fig. 1—5; tome II, pag. 257; tome III, pl. 242, fig. 7—11). Någon direkt identifiering vågar jag dock, i brist på fullgott material, icke för närvarande göra.

Platyostoma sp.

Tavl. III, fig. 9.

Samtliga påträffade exemplar äro mer eller mindre plattryckta, discusformiga. De ha 3 vindningar, av vilka den sista mot mynningsranden synnerligen hastigt till-

[1] Att en dylik genom sammanpressning från sidorna bildad köl torde vara ganska vanlig för med denna besläktade former, framgår av Ruedemanns avbildningar och beskrivning till *Archinacella orbiculata* Hall (»The lower siluric shales of the Mohawk valley», Albany 1912. Pl. 7, fig. 1—6, pag. 108), en art från vilken den här föreliggande tydligt skiljer sig, bland annat genom läget och formen av apex.

växer i bredd. Mynningsformen har på grund av sammanpressningen ej kunnat iakttagas. Vindningarnas yta visar tätt sittande, något mot mynningen konvexa, finare och grövre tillväxtstrimmor.

Skalets diameter uppgår till ungefär 6 mm.

Fyndort: *lokal b*.

Arten har icke kunnat identifieras med någon förut känd, men det nu föreliggande materialet är för obetydligt, för att den skulle kunna uppställas som ny.

Pteropoda.

Tentaculites sp.

Tavl. III, fig. 13.

Hus rörformigt, svagt koniskt, något böjt, vid spetsen slätt, längre fram försett med upphöjda, rundade ringar, skilda av smala mellanrum.

Endast ett exemplar, ett initialparti mätande 2 mm. i längd och med en diameter vid övre ändan av 0,4 mm., har påträffats. Det är för illa bevarat, att någon artbestämning skulle kunna ifrågakomma.

Har anträffats å *lokal a*.

Hyolithus fabaceus n. sp.

Tavl. III, fig. 14 och 15.

Huset, som ganska hastigt tillväxer i bredd, är något krökt i längdriktningen, med spetsen riktad mot ventralsidan. Dorsalsidan är platt eller längs mitten svagt konkav, ventralsidan däremot jämnt välvd. Båda sammanstöta i en rundad kant. Tvärsnittet, som är dubbelt så brett som högt, får därför njur- eller bönformig kontur (härav artnamnet). Mynningsdelen är å de anträffade exemplaren något skadad, och dess form kan därför ej med säkerhet angivas.

Skalet visar på ventrala sidan fin longitudinal striering, på dorsala sidan däremot endast fina, svaga tvärstrimmor.

Längd 6 mm.

2 exemplar äro anträffade, båda å *lokal a*.

Från samma fyndort föreligga även tvenne *Hyolithus*-operkler (tavl. III, fig. 16 och 17), till storlek och form sinsemellan fullt överensstämmande och säkerligen tillhöriga en och samma art Det ena av exemplaren visar insidan, det andra torde vara ett avtryck av yttersidan. I följande beskrivning tänkes operklet befinna sig i naturlig ställning.

Största delen av operklet upptages av det svagt konvexa dorsalpartiet, som närmast har formen av en cirkelsektor av ungefär 140° vinkel. Ventralpartiet, som

är smalt och något uppåtböjt, har jämnt rundad kontur, som dock bildar en betydligt svagare båge än dorsalpartiets. Emellan detta senare och ventralpartiet ligger å vardera sidan en smal, konvex facett, som är skarpt avsatt mot dorsala sektorn, men från övriga ventralpartiet skild endast genom skalets välvning. Operklets insida är, frånsett en fin, men skarp fåra i dorsalpartiets medianlinje, alldeles slät. Yttersidan visar jämte glesa, koncentriska tillväxtlinjer spår till en ytterst fin, radiell striering å dorsalpartiet.

Då i dessa lager, som ganska noga genomsökts, ingen annan hyolit än den ovan beskrivna *Hyolithus fabaceus* anträffats, skulle man ju helst vilja antaga, att även operklerna tillhörde samma art. Operklets konturer synas emellertid ej väl passa samman med ett dylikt antagande; även storleken tyckes visa på en något större form. Det bristfälliga skick, i vilket *Hyolithus fabaceus* föreligger, i så måtto nämligen att intet av mina exemplar har mynningsranden i behåll, samt den omständigheten att det är omöjligt att avgöra, i vad mån deformation kan ha uppkommit genom den sammanpressning, för vilken exemplaren varit utsatta i skiffern, göra det emellertid omöjligt att härom fälla något bestämt omdöme.

Cephalopoda.

Orthoceras originale Barr.

Tavl. III, fig. 18 och 19.

1868. *Orthoceras originale* Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. II, pl. 267.

1874. *Orthoceras originale* Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. II, texte III, pag. 206.

Conchan rak, tämligen konisk, med cirkelrunt tvärsnitt. Septa svagt välvda, sipho smal, föga excentrisk. Avståndet mellan septa är å de här anträffade, relativt unga (högst 12 mm. vida) exemplaren c:a 4 mm.

Den ofta i svavelkis omvandlade skalytan, visar ungefär 60 smala, longitudinala fåror. Å de delar av conchan, där skalet är helt borta, visar kärnan omvänd relief mot skalytan, så att mellan bredare, platta rännor finnas tunna, skarpa ribbor, vilkas läge motsvarar ytterskalets fåror. Enligt Barrande finnes mellan det yttre skallagret och det inre, vars relief iakttages å kärnan, ett av spatig bergart bestående skikt, som han tror vara en utfyllning av ett tomrum mellan de båda skalskikten. Vidare skola enligt honom äldre exemplar, förutom ovannämnda skulptur, visa fin längd- och tvärstriering såväl å ytans längdribbor som i kärnans rännor. En sådan skulptur har ej kunnat iakttagas å något av de skånska exemplaren, vilka ju för övrigt, som redan nämnts, alla härröra från unga individ.

Arten, som av Barrande omnämnes såsom en av de för bande e 2 i Böhmen

mera karaktäristiska, anföres av honom även från bandes d 5, e 1 och f 1, där dock uppträdande sparsamt.

I Smedstorp har denna art påträffats å båda lokalerna. Å *lokal a* är arten den allmännast förekommande cephalopoden, å *lokal b* tyckes den däremot vara mera sällsynt.

Förutom den fullt bestämbara *Orthoceras originale* Barr., ha såväl å *lokal a* som å *lokal b* påträffats synnerligen talrika fragment av andra cephalopoder. Flertalet av dessa äro dock alltför ofullständigt bevarade för att kunna bestämmas. Ett fåtal, möjliga att hålla isär, vill jag dock här i korthet anföra, trots det fragmentariska skick, i vilket de förekomma.

Orthoceras sp. (I)

Tavl. III, fig. 20.

Endast ett 20 mm. långt fragment föreligger. Detta visar en rak, svagt konisk concha med relativt höga kamrar (3 mm. vid en diameter av 3 mm.). Någon slags ornering kan ej iakttagas.

Fyndort: *lokal a.*

Orthoceras sp. (II)

Tavl. III, fig. 21.

Concha rak, svagt konisk. Orneringen utgöres av något sneda tvärfåror, c:a 22 på 10 mm., åt ytan förlänande ett i viss mån sågtandat utseende, i det att partiet bakom varje fåra skjuter ut åt sidan en hårsmån mer än det följande.

Fyndort: *lokal a.*

Orthoceras? sp. (III)

Tavl. III, fig. 22.

Av denna form föreligga endast ett par mindre fragment, som dock visa en typisk ornering, väl skild från de föregåendes. Skalet, som har väl markerade, på oregelbundet avstånd från varandra belägna, rundade tväråsar, är i sin helhet täckt med synnerligen fina, täta och jämna strier.

Fyndort: *lokal b.*

Orthoceras sp. (IV)

Tavl. III, fig. 23 och 24.

Conchan rak, långsamt tilltagande i diameter. Sipho smal, svagt excentrisk. Skalets yta jämnt och fint tvärstrierad.

Fyndort: *lokal a.*

Orthoceras sp. (V)

Tavl. III, fig. 25.

Har liksom *Orthoceras* sp. (I) rak concha av svagt konisk form. Kamrarna äro dock här mycket låga, endast omkring 1,5 mm. höga vid en diameter av ungefär 8 mm.

Fyndort: *lokal a.*

Trilobitae.

Ampyx Rouaulti Barr.

Tavl. IV, fig. 1 och 2.

1852. *Ampyx Rouaulti* Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. I, pag. 638, pl. 30, fig. 17—23.

Huvudet är i stort sett triangulärt. Glabellan är starkt välvd och har formen av en romboëder, vars största diagonal sammanfaller med kroppsaxeln. Glabellans främre ända är utdragen i en lång spets [1]. På vardera sidan om glabellan, i närheten av dess bas, finnes en liten urgröpning, ej nående dorsalfåran. De fasta kinderna, som äro mycket kullriga, ha nära nog formen av en liksidig triangel. Längs huvudets bakre rand löper en svagt markerad randfåra, bakåt begränsad av en trådfin list.

Thoraxleden, som enligt Barrande skola vara 5 till antalet, avtaga, ju längre bakåt de ha sin plats, mer och mer i såväl bredd som längd. Rhachis upptar framtill ungefär $^1/_4$, baktill däremot ej stort mer än $^1/_8$ av hela kroppsbredden.

Pygidiet har formen av ett cirkelsegment, vars höjd (pygidiets längd) är $^1/_5$ av bredden. Rhachis avsmalnar ganska starkt bakåt och utplattas mer och mer samt upphör omedelbart innanför den starkt utåt sluttande smala limben. Den är genom väl markerade fåror uppdelad i fyra segment. Fårorna, som kunna följas ut över det platta brämet, löpa där något snett bakåt och äro tydligt markerade ända ut till limben.

Skalet är slätt och glatt.

Förekommer sällsynt å *lokal a.*

Från Böhmen omnämnes arten av Barrande från åtskilliga lokaler tillhöriga étage E.

Dalmanites Mobergi n. sp.

Tavl. IV, fig. 3—8.

Huvudet är paraboliskt, tämligen starkt välvt, och har långt utdragna kindtaggar.

[1] Denna är endast bevarad å ett enda av mina exemplar, vilket dock i övriga delar ej lämpade sig för avbildning. Det är efter detta exemplar jag i min fig. 1 kunnat angiva konturen av huvudets främre del.

Glabellan vidgar sig framåt ganska starkt. De djupa dorsalfårorna äro nästan raka. Den framtill något utdragna ändloben, lika lång som glabellans övriga framom nackringen belägna del, har vid yttre sidoränderna nästan rätlinig begränsning. 3 par sidofåror finnas, av vilka det främsta parets äro djupast och riktade snett bakåt. Det andra parets äro vinkelräta mot glabellans längdaxel samt tilltagande i djup inåt. Det tredje (bakersta) parets, i huvudsak parallella med det andra parets, äro dock vid sin allra innersta del något mera framåtriktade, så att fårorna här bli subparallella med den i mellersta delen starkt framåtsvängda nackfåran. Av glabellans sidolober blir sålunda det bakersta, smalaste paret något litet avsmalnande inåt. Det andra paret, som är nästan hälvten bredare (räknat i huvudets längdriktning) än det bakre, blir tämligen jämnbrett, medan det främre, som i sin inre del ungefär har samma bredd som andra paret, utåt starkt vidgas. Nackfåran är utefter hela sin längd väl markerad. Nackringen är ganska hög och bredast på mitten. Glabellans skal, som i sin helhet är fint granulerat, har därjämte strödda större och mindre vårtor. Även kindernas skal tyckes hava haft dylik granulering.

Huvudets plana limb, som inåt begränsas av en kraftig randfåra, sträcker sig, efter vad det vill synas å de här något krossade exemplaren, ej framför glabellans ändlob.

Kindernas inre del tyckes vara föga välvd. Ögonen, som visa ganska grova facetter, sträcka sig bakåt nästan i linje med glabellans bakersta sidofåra och nå med sin främre, dorsalfåran närmade ända ungefär i linje med ändlobens bas.

Facialsuturens främre gren är till en början något utåtsvängd, men följer i det stora hela ganska troget dorsalfåran. Bakre grenen går i en vacker båge snett framåt och utåt, böjer därefter bakåt och når slutligen under mycket spetsig (resp. trubbig) vinkel ytterranden.

Hypostomat, ungefär lika långt som brett, är i tvärriktningen svagt välvt. Främre randen är nästan rak, bakre randen parabolisk. Centrala delen är baktill begränsad av en grund fåra, vid vars ändar maculæ sitta riktade snett framåt och utåt.

Något fullständigt exemplar visande thoraxledens antal har ej anträffats. Rhachis, som upptar ungefär tredjedelen av hela thoraxledets bredd, har nästan halvcirkelformigt tvärsnitt och gränsen mot pleurorna skarpt framträdande. Pleurorna, vilkas yttre hälvt är starkt nedåtböjd, äro försedda med kraftiga snedfåror, vilka fortsätta in på den nedböjda delen. Pleurornas yttre parti avslutas med en obetydligt uppböjd spets.

En fin och tät granulering betäcker thoraxledets hela yta. Därjämte är bakre delen av varje rhachisring försedd med väl framträdande småknölar.

Pygidiet är nästan halvcirkelformigt, med bakre randen jämnt rundad, ej utlöpande i någon tagg eller spets. Längden är $^3/_5$ av bredden. Dess rhachis, konisk, väl välvd och begränsad av djupa axelfåror, når $^4/_5$ av pygidiets hela längd samt upptar vid främre randen $^3/_{10}$ av dennas längd.

Främre halvringen oräknad, har rhachis 8 tydliga ringar, skilda av djupa och breda fåror.

Brämet är liksom rhachis väl välvt och har på vardera sidan 7 segment, alla med väl markerad snedfåra, tämligen snart nående segmentets mittlinje, därefter fortgående i denna ut mot den plana limben, innanför vilken den upphör. Å varje segment är det bakre (bakom snedfåran belägna) partiet mera lyft än det främre.

Rhachis och bräm äro försedda med småknölar, genom vilka en nära nog pärlbandslik granulering uppkommer längs såväl rhachisringen som brämets skilda segment. Granuleringen, som alldeles saknas i fårorna, är betydligt mera markerad å segmentens bakre än å deras främre parti.

Arten förekommer talrikt å *lokal a.*

Dalmanites simricus n. sp.

Tavl. IV, fig. 9 och 10.

Av denna art hava endast pygidier påträffats, alla från *lokal a.* Dessa äro paraboliska, medelmåttigt välvda. Längden är ungefär $^2/_3$ av bredden.

Rhachis, som upptar ungefär $^1/_4$ av pygidiets främre rand, är ganska starkt bakåt avsmalnande, slutligen utlöpande i en skarp spets, som nästan når bakre randen. Främre halvringen och den bakre triangulära spetsen oräknade, har rhachis 10 tydliga ringar, skilda av djupa fåror, som å de främre segmenten äro bredast på mittpartiet. Ringarnas sidopartier äro vid de skarpt markerade axelfårorna något utplattade och stundom svagt urgröpta.

Brämet har på vardera sidan 8 tydliga segment, skilda av ganska djupa och smala fåror. Å pygidiets främre del äro fårorna till en början riktade rätt åt sidan, först nära ytterranden böjande bakåt; de bakre fårorna bli så småningom mer och mer riktade rätt bakåt. Alla utplånas innan de nå randen. Å varje segment finnes en snedfåra, närmast rhachis smal, starkt bakåt-utåt riktad, därpå bredare och fortlöpande mera i segmentets längdriktning, dock småningom närmande sig dettas bakre rand.

Av 5 föreliggande exemplar mäter det största 18 mm. i längd och 29 mm. i bredd.

Pygidiet i fråga visar i det stora hela mycken likhet med det av Barrande från étage D i Böhmen beskrivna pygidiet till *Dalmanites dubius* Barr. Dock synes vår art skilja sig från denna genom plattryckningen (resp. urgröpningen) å rhachisringarnas yttre del samt genom det bakåt starkare avsmalnande brämets mera jämnt rundade yttre kontur.

Acidaspis mira Barr.

Tavl. IV, fig. 11—19.

1846. *Odontopleura mira* Barrande, Notice préliminaire sur le Systême silurien et les trilobites de Bohême. Pag. 57.
1846. *Odontopleura cornuta*, Beyrich, Untersuchungen über Trilobiten. II. S. 22, tavl. III, fig. 5.
1847. *Odontopleura mira*, Corda, Prodrom einer Monographie der böhmischen Trilobiten. S. 149, tavl. VII, fig. 78.
» *Odontopleura Hoseri* Corda, Prodrom einer Monographie der böhmischen Trilobiten. S. 150.
» *Odontopleura crassicornis* Corda, Prodrom einer Monographie der böhmischen Trilobiten. S. 155.
1852. *Acidaspis mira*, Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. I, pag. 735, pl. 39, fig. 1—11.

Huvudet brett, ganska välvt. Bortsett från de lösa kinderna, bildar dess kontur ett trapez med främre (kortare) och bakre randen parallella och med de båda sidoränderna lutande ungefär 45^0 mot huvudets längdaxel. Glabellan, som har bredden något större än längden, avsmalnar föga framåt. De falska axelfårorna dela glabellan på längden i tre delar, av vilka den mellersta är ungefär dubbelt så bred som de övriga. Glabellans mittparti är odelat, något urnformigt vidgat på mitten, skilt från huvudets främre rand genom en smal, starkt markerad ränna, i yttre randen begränsad av en synnerligen smal list. Baktill övergår mittpartiet genom en konkav nedtryckning, motsvarande nackfåran, i ett relativt plant fält (nackringen), från vilket två långa, cylindriska, bakåtriktade taggar utgå. De föga divergerande taggarna kunna nå en längd något större än huvudets. Glabellans sidopartier övertväras av trenne sidofåror. De två främre, som äro helt smala, linjeartade, sitta båda tätt intill varandra i närheten av glabellans främre ända; den bakre sidofåran däremot är ganska bred och delar resten av sidopartiet i tvenne rundade, nästan knölformiga lober, av vilka den bakre, något större, har nästan äggformig kontur, medan den främre blir mera triangulär. Framför de främsta fårorna utgå de smala och raka ögonbanden från sidorna av glabellans främre del snett bakåt. Utanför dessa finnes ett smalt platt band. Å fasta kinden ses längs glabellan en rad av tre små tuberkler, väl framträdande å alla exemplaren. Lösa kinden är nästan triangulär. Dess inre del är väl välvd, genom en kraftig randfåra skild från en yttre, nästan plan limb, å vilken märkes en rad av små knölar. Limben är utåt kamlikt tandad med ungefär 13 à 14 tänder eller taggar, vilka tilltaga i längd från de främre till de bakre. Kindens yttre hörn är utdraget i en kraftig, rak, snett bakåt-utåt riktad tagg. Såväl å glabellan som å kinderna märkas spridda grövre granulæ.

Thoraxleden växla något i utseende och form, beroende på deras plats inom främre eller bakre delen av thorax. Rhachis är å samtliga leden starkt välvd och något smalare än längden av pleurans inre del. Ringarna visa en relativt låg valk, fortsättande med pleurans mittköl, som åter löper ut i en kraftig nästan rätt bakåt böjd tagg. Pleurans främre rand bildar likaledes en köl, vilken dock är lägre och smalare. Även denna sistnämnda löper ut i en tagg, kortare än mittkölens och mindre starkt bakåtböjd, ja, å vissa segment till och med rakt utåtriktad. Ett litet väl bevarat fragment (se fig. 17) visar, att båda de taggar, i vilka pleuran ändas, varit ytterst fint sågtandade. Å rhachisringen märkas två väl markerade knölar. En dylik finnes även vid basen av pleurans stora ändtagg.

Något fullständigt bevarat pygidium av denna art har jag ej lyckats påträffa. Av anträffade fragment framgår dock alldeles avgjort, att den svenska formen även i fråga om pygidiet fullkomligt överensstämmer med den böhmiska arten. Pygidiet har formen av ett cirkelsegment. Rhachis, som ej når bakre randen, är bred (vid främre randen upptagande nästan $^1/_3$ av denna), konisk, väl välvd och fördelad i 3 segment. Det främsta, som prydes av två rundade knölar fortsättes på det platta brämet av en smal, nästan rakt åt sidan riktad ås, ytterst med en liten rundad knöl. Brämets ytterrand är försedd med talrika, rätt bakåt riktade, jämnstarka, tämligen korta taggar. Enligt Barrande skall den ovannämnda åsen utlöpa i en tagg något längre än de övriga randtaggarna. Å intet av mina exemplar är denna del i behåll.

Arten förekommer ganska talrikt vid Smedstorp å *lokal a*.

Från Böhmen är den sedan gammalt känd från åtskilliga lokaler tillhöriga étage E.

Den form, som Beyrich 1846 avbildar under detta namn från sandsten å Mösseberg (Beyrich, l. c., tavl. III, fig. 4), kan säkerligen icke identifieras med denna art. Redan Barrande antog att här en felbestämning förelåg.

Acidaspis cardiolarum n. sp.

Tavl. IV, fig. 20 (och 21?)

Huvud (och thorax?) okända. Endast ett pygidium föreligger från *lokal a*. Detta är triangulärt och, om man frånser taggarna, ungefär 3 gånger så brett som långt. Dess rhachis, som är starkt välvd, upptar omkring tredjedelen av främre randen och avsmalnar föga bakåt. Den når endast ungefär $^4/_5$ av pygidiets hela längd och är baktill tvärt avrundad. Såväl rhachis som bräm delas av tvärgående fåror i 3 segment, av vilka det mellersta löper ut över limben i 2 långa, något inåt krökta, bakåtriktade taggar (en å vardera sidan). Även det främre segmentet visar en randtagg, som dock är svag, nästan rudimentär. Bakersta segmentet har 6 spetsiga, rätt bakåt riktade, relativt korta, tämligen jämnstarka och av lika stora mellanrum skilda taggar (»bitaggar»), som alla äro sammanträngda till

partiet rakt bakom rhachis. De komma sålunda att genom en betydlig lucka skiljas från det mellersta segmentets stora randtaggar.

Även ett fragment av *thorax* till en hittills obeskriven *Acidaspis* har anträffats i samma lager som ovan beskrivna pygidium. Det å tavl. IV, fig. 21, avbildade fragmentet, som är ganska väl bevarat, består av 4 sammanhängande thoraxled.

Rhachis, som är starkt välvd, upptar ej fullt 1/3 av thoraxledets hela bredd. Ringarna visa en tämligen låg valk löpande från den ena axelfåran till den andra och fortsättande i pleurans mittköl. Å varje rhachisring märkas ett par smärre knölar. En liknande finnes ock nära pleurornas yttre ända vid basen av den starka, svagt bakåtböjda tagg, vari pleurans mittköl löper ut. Fältet framom pleurans köl är lågt, ganska brett och utåt triangulärt tillspetsat.

Det är ju ganska antagligt, att fragmentet ifråga tillhör *Acid. cardiolarum*. Men då det tydligen är möjligt, att dessa thoraxled representera någon annan likaledes hittills okänd art, är det endast under uttalande av bestämd reservation, som jag här tillsvidare hopför det med *Acid. cardiolarum*.

Proetus gracilis Barr.

Tavl. IV, fig. 22—24.

1846. *Proetus gracilis* Barrande, Notice préliminaire sur le Systême silurien et les trilobites. Pag. 87.

1852. *Proetus gracilis* Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême. Vol. I, pag. 449, pl. 15, fig. 47—49.

Av denna art känner man hittills endast pygidium och thorax, således endast föga karaktäristiska delar. Under sådana omständigheter måste tydligen en identifiering alltid bliva i viss mån osäker. Men då det enda pygidium, jag å *lokal a* lyckats anträffa, i allo överensstämmer med de i Böhmen (etagerna F och G) funna och av Barrande beskrivna exemplaren, har jag icke dess mindre ansett en identifiering tillåten. I samma stuff som pygidiet har jag emellertid även funnit ett par huvudsköldar tillhörande en *Proetus*. Då dessa ej kunnat identifieras med någon förut känd art, har det synts mig som skulle även de lämpligen kunna hänföras till *Proetus gracilis* Barr.

De cranidier jag påträffat äro medelmåttigt välvda. Glabellan omgives framtill av en tämligen bred, något uppvikt limb, inåt begränsad av en väl markerad randfåra. Fältet mellan randfåran och glabellans främre ända är plant och något bredare än den främre limben. I följd av glabellans kullrighet är dess begränsning mot huvudets bräm skarpt markerad. Glabellan, som avsmalnar framåt, har, frånsett nackringen, vid basen en bredd lika stor som hela längden. Dess främre kontur är vackert bågböjd. Glabellan har tre par sidofåror. Det främre parets äro föga

markerade och kanske snarast att kalla intryckningar. Det andra något starkare utvecklade parets äro vinkelräta mot kroppsaxeln. Det bakersta parets äro synnerligen skarpt markerade, snett bakåtriktade och avskära glabellans bakre hörn såsom triangulära basalflikar. Nackringen, som är tämligen bred och skild från övriga delen av glabellan genom en ganska djup fåra, är på mitten försedd med en punktformig upphöjning. Facialsuturen har det för släktet *Proetus* typiska förloppet. Avståndet mellan facialsuturens grenar är vid huvudets främre rand föga större än nackringens bredd.

Skalet visar å huvudets främre del en ytterst fin, endast under luppen synlig striering, tämligen koncentrisk med glabellans främre kontur.

Pygidiet, som har bakre randen jämnt rundad, omgives av en trådsmal list. Rhachis, begränsad av tydligt markerade axelfåror, når ungefär $^3/_4$ av pygidiets hela längd samt är starkt välvd och tydligt segmenterad. Vid främre randen upptagande c:a $^1/_3$ av pygidiets bredd, avsmalnar den ganska hastigt bakåt, slutande med jämnt rundad kontur. Det ofårade partiet strax bakom rhachis förefaller möjligen något starkare välvt än brämets angränsande del. Brämet, som närmast rhachis är plant, stupar i yttre delen något hastigare. Det har på vardera sidan 6 eller möjligen 7 smala fåror, av vilka de främre först i sin yttre hälvt äro starkt bakåtböjda, de längre bakåt belägna däremot så småningom bli nästan helt bakåtriktade. Alla fåror äro väl markerade ända ut till randlisten.

Längden av det enda funna pygidiet är 2 mm., bredden 3,5 mm.

Phyllocarida.

Aptychopsis primus Barr.

Tavl. IV, fig. 25 och 26.

1872. *Aptychopsis primus* Barrande, Syst. sil. du centre de la Bohême, Vol. I. Suppl. Pag. 457, pl. 33 och Vol. VI, pl. 183, I, fig. 1, 2.

År 1856 omnämner Barrande, i »Paralèlle entre les dépôts siluriens de Bohême et de Scandinavie» (sid. 62), från Böhmens étage E e1 några fossil, vilkas natur han ej kan avgöra, men som sägas likna *Aptychus*. Sådana skulle ock, efter vad Angelin säges ha meddelat honom, vara anträffade i lager tillhöriga reg. DE i Dalarna och reg. E på Gottland. Den svenska litteraturen har emellertid, mig veterligt, intet därom att mäla.

1872 hänför Barrande (l. c.) dessa fossil till *Phyllopoda* och beskriver dem såsom tre intill varandra liggande, symmetriskt ordnade skal, av vilka det ena, rostralskalet, utfyller en cirkelsektor mellan övre ändarna till de båda lateralskalen, så att alla tillsamman bilda en cirkelformig eller elliptisk skiva. Rostralskalets höjd är föga mer än hälvten av den linje, utefter vilken lateralskalen sammanstöta längs ellipsens större axel. Orneringen plägar utgöras dels av koncentriska, dels av radierande strier.

Å *lokal a* ha funnits ganska många isolerade skal, som säkerligen äro att hänföra till ovan angivna art. Visserligen har ej påträffats något enda exemplar med sammanhängande eller hopliggande skal och ej heller någonting, som skulle kunna tolkas som rostralskal, men de anträffade delarnas överensstämmelse med Barrande's figurer och beskrivning av hithörande lateralskal torde dock vara fullt tillräcklig för en identifiering.

Varje lateraldel för sig liknar närmast ett platt, med raka låsränder försett, långsträckt musselskal. Av de båda hälvter, vari ett lateralskal skulle delas genom en linje dragen snett bakåt-utåt från det hörn, vari dess båda raka kanter stöta samman, är den övre svagt välvd, den undre däremot konkav. Övergången mellan skalets konvexa och konkava parti är alldeles jämn, så att i verkligheten ingen gräns förefinnes.

Två hophörande lateralskal bilda sålunda tillsammans längs suturen en trubbig, mot bakre randen sig jämnt vidgande köl. Utefter skalets rätliniga sidor ses å väl bevarade exemplar ett skarpt avgränsat, listformigt, åt ändarna avsmalnande parti, ej olikt en yttre ligamentgrop. Å detta ses ingen skulptur, men övriga delen av skalet visar en koncentrisk ornering av svaga strier och på oregelbundna avstånd förlöpande, föga markerade veck. Våra i övrigt väl bevarade exemplar ha skalytan något nött; måhända ligger häri förklaringen till att de ej visa minsta spår av den radierande striering, som enligt Barrande stundom skall förekomma jämte den koncentriska.

Arten omnämnes även från översiluriska bildningar i Portugal [1].

Cryptocaris scanica n. sp.

Tavl. IV, fig. 27 och 28.

Det lilla chitinartade skalet har i stort sett formen av ett halvcirkelsegment med avrundade hörn. Den del av konturen, som motsvarar segmentets bas (i det följande för korthets skull kallad »undre randen»), är emellertid ingalunda rak, utan bildar en svagt utåt konvex linje. Skalet är allestädes ytterst tunt, utom i den på skalets inre sida förtjockade limben. Hela ytterranden ligger, frånsett en mindre nedbuktning i undre randens mitt samt en ringa förhöjning av den diametralt motsatta delen, i ett och samma plan. Från vartdera av undre randens båda hörn går en bred sinus upp mot en i skalets inre, på symmetrilinjen och helt nära ytterranden, belägen fördjupning, omedelbart ovan skalets »apex». Den sålunda omslutna sektorn är i stort sett välvd, men delas åter mitt itu genom en från apex utgående och sig nedåt vidgande sinus. Från fördjupningen ovanför apex lyfter sig skalet i mittlinjen hastigt upp mot ytterranden, så att här bildas en tydlig ås, som måhända något

[1] Delgado, J. F. Nery: Système silurique du Portugal. Étude de stratigraphie paléontologique. Lisbonne 1908.

mera framhäves genom ett å vardera sidan tillkommande ytterst grunt veck. Skalets yttersida visar endast å de perifera delarna en fin, skarp striering parallell med ytterranden. Innersidan tyckes vara alldeles slät [1].

Vår art erinrar mycket om Barrande's *Cryptocaris pulchra* (Syst. sil. I. Suppl. Pl. 25, fig. 1—5). Om man frånser allt, som endast beror på olika orientering av fossilet, är likheten mellan vår art och *Cryptocaris pulchra* så stor, att man måste känna sig mycket frestad att identifiera båda. Smärre olikheter synas dock kunna konstateras. Jämföra vi t. ex. vår fig. 28 b med Barrande's fig. 5 (som väl får anses vara den närmast motsvarande), så finna vi å Barrande's avbildning fältet mellan apex och närmaste delen av ytterranden jämnt välvt, endast brutet av en svag mittfåra, medan däremot vår art därsammastädes har en låg, men tydligt markerad, bred ås.

Tills vidare synas mig därför de båda arterna böra hållas skilda.

Endast 2 exemplar äro påträffade, båda å *lokal b*.

[1] Den orientering av fossilet, vilken ligger till grund för här lämnade beskrivning, baserar sig därpå, att orneringen ansetts tillkomma skalets yttersida och att ytterrandens förtjockning antagits tillhöra skalets inre sida. Barrande har en helt motsatt orientering: vad vi räknat som yttersida kallar han innersida och vice versa.

Tabellarisk översikt över Smedstorpslagrens fossil
jämte artregister.

(Tabular Review of the fossils from Smedstorp. With a Register.)

		Smedstorp		Böhmen	Register		
		a	b		Pag.	Tavl.	Fig.
	Anthozoa				18		
1 (1)	Ptychophyllum? sp		+		»	I	1
2 (2)	Zaphrentis sp.	+			»	»	2
	Graptolithidae				»		
3 (1)	Monograptus dubius Suess	+		E	»	»	3, 4
4 (2)	» Flemingi Salt.		+	E?	19	»	5
5 (3)	Gothograptus nassa Holm sp.	+		E	20		
	Brachiopoda				21		
6 (1)	Lingula lata Sow.	+			»	»	6, 7
7 (2)	*Discina pagodica n. sp.*	+			22 (57)	»	10
8 (3)	*Pholidops elliptica n. sp.*	+			22 (58)	»	8, 9
9 (4)	*Orthis Holsti n. sp.*	+			23 (58)	»	13
10 (5)	» sp.	+			23	»	14
11 (6)	Strophomena bracteola Barr.	+		e 1—e 2	»	»	11—12
12 (7)	Leptæna comitans Barr.	+		D—G	24	»	15—17
13 (8)	Chonetes cingulata Lindstr.	+		e 2?	»	»	18, 19
14 (9)	Atrypa Dormitzeri Barr.		+	e 1—f 2	25	»	21—24
15 (10)	» sp.	+			»	»	20
	Lamellibranchiata				26		
16 (1)	Ambonychia antiquissima Barr. sp.	+		e 2	»	»	25, 26
17 (2)	Modiolopsis senilis Barr.	+		e 1	»	»	27
18 (3)	» *linguatus n. sp.*		+		27 (58)	»	28
19 (4)	Mytilus (Myalina?) esuriens Barr.	+		e 2	27	II	1—3
20 (5)	*Ctenodonta retusa n. sp.*	+			28 (58)	»	6
21 (6)	Nucula sp. (I)	+			28	»	7—9
22 (7)	» sp. (II)	+			»	»	10
23 (8)	» sp. (III)		+		29	»	11
24 (9)	» sp. (IV)		+		»	»	12
25 (10)	*Lunulicardium caudagalli n. sp.*	+			29 (59)	»	4

		Smedstorp		Böhmen	Register		
		a	b		Pag.	Tavl.	Fig.
26 (11)	Cardiola interrupta Sow.	+	+	e 2	29	III	1—5
27 (12)	» migrans Barr.	+	+	e 1—e 2	31	»	6, 7
28 (13)	Dualina? sp.	+			32	II	18
29 (14)	*Antipleura? cucullaeiformis n. sp.*	+			32 (59)	»	19
30 (15)	*Maminka? suecica n. sp.*	+			33 (59)	»	20
31 (16)	*Stolidotus siluricus n. g. et n. sp.*	+			34 (60)	»	14—17
	Gastropoda				35		
32 (1)	*Archinacella dubiosa n. sp.*	+			35 (60)	III	10, 11
33 (2)	*Bellerophon buccinatus n. sp.*	+			36 (61)	»	12 samt textfig.
34 (3)	Umbospira sp.	+			36	»	8
35 (4)	Platyostoma sp.		+		»	»	9
	Pteropoda				37		
36 (1)	Tentaculites sp.	+			»	»	13
37 (2)	*Hyolithus fabaceus n. sp.*	+			37 (61)	»	14, 15
	Cephalopoda				38		
38 (1)	Orthoceras originale Barr.	+	+	d 5—f 1	»	»	18, 19
39 (2)	» sp. (I)	+			39	»	20
40 (3)	» sp. (II)	+			»	»	21
41 (4)	» ? sp. (III)		+		»	»	22
42 (5)	» sp. (IV)	+			»	»	23, 24
43 (6)	» sp. (V)	+			40	»	25
	Trilobitae						
44 (1)	Ampyx Rouaulti Barr.	+		E	40	IV	1, 2
45 (2)	*Dalmanites Mobergi n. sp.*	+			40 (61)	»	3—8
46 (3)	» *simricus n. sp.*	+			42 (62)	»	9, 10
47 (4)	Acidaspis mira Barr.	+		E	43	»	11—19
48 (5)	» *cardiolarum n. sp.*	+			44 (63)	»	20, 21?
49 (6)	Proetus gracilis Barr.	+		F—G	45	»	22—24
	Phyllocarida				46		
50 (1)	Aptychopsis primus Barr.	+		e 1	»	»	25, 26
51 (2)	*Cryptocaris scanica n. sp.*		+		47 (63)	»	27, 28
	Summa	42	12				

På faunans beskaffenhet grundade slutsatser om de vid Smedstorp anstående Cardiolaförande lagrens geologiska ålder.

Såsom redan nämnts träffas här ifrågavarande lager så isolerade, att man av stratigrafien allena har liten eller ingen ledning för bedömande av deras geologiska alder. Så länge ej några med dem likartade lager anträffats å annat ställe, där de stratigrafiska förhållandena möjligen äro mera upplysande, måste därför varje slutsats angående lagrens plats i systemet så gott som helt och hållet grundas på den däri förekommande faunan. Då lagren första gången omnämndes, hänfördes de uttryckligen till colonusskiffern endast med anledning av den i dem ymniga förekomsten av *Cardiola interrupta* Sow. Här har emellertid förut framhållits, hurusom på grund av vissa skäl sistnämnda fossil *enbart* ej kan betraktas som ett tillräckligt stöd för en mera detaljerad åldersbestämning. Sedan vi i det föregående lärt känna faunan i dess helhet, ha vi därför nu att analysera densamma något mera detaljerat och tillse, huruvida eller i vad mån den tillåter några närmare slutsatser om lagrens ålder.

Föregående tabellariska översikt visar ingalunda någon större likhet mellan faunorna å lokalerna *a* och *b*. Av de 12 å *lokal b* anträffade fossilen, av vilka för övrigt endast 7 äro till arten bestämbara, återfinnas nämligen i den 42 arter omfattande faunan å *lokal a* (med 30 bestämbara) blott 3 stycken. Då därtill kommer, att de tre gemensamma arterna, d. v. s. de båda *Cardiola*-arterna och *Orthoceras originale* Barr., alla torde ha ganska stor vertikal utbredning, får i själva verket den av åtskilliga grunder av mig förut uttalade åsikten, *att någon större åldersskillnad ej är för handen*, ej just någon starkare bekräftelse; för närvarande måste vi dock nöja oss med, att de föreliggande faunistiska data å andra sidan ej heller innebära något som verkligen strider mot min nämnda åsikt.

En granskning av faunan visar, om vi till en början frånse ej blott de båda *Cardiola*-arterna utan även de 3 graptoliterna, att av de 29 fullt bestämda arterna ej mindre än 16 äro nya och således för närvarande utan betydelse för den föreliggande frågan. Och av de 13 återstående äro så vitt jag kunnat finna 11 förut anförda endast från Böhmen eller andra länder (Frankrike, Portugal o. s. v.) vilkas

gotlandiska schema ännu ej är tillräckligt utarbetat för att lämna oss hållpunkter för avgörande av stratigrafiska frågor av mera detaljerad natur.

Anmärkningsvärd är i alla händelser den stora överensstämmelsen mellan de ifrågavarande Smedstorpslagren och Böhmens silur, i det att av 18 förut kända arter ej mindre än 16 äro gemensamma. För faunan egendomligt är också den stora rikedomen på lamellibranchiater (16 st., av vilka dock endast 11 äro fullt bestämda), som rent av uppträda dominerande inom faunan.

I föregående undersökning ha graptoliterna lämnats utanför räkningen. Djurgruppens stratigrafiska betydelse är nämligen i regel så stor, att detta element i faunan säkerligen förtjänar att särskilt för sig tagas i betraktande. Man skulle ju hoppats att genom graptoliterna erhålla fullt bestämda upplysningar, såväl om åldern av lagren å *lokal a* jämförda med lagren å *lokal b*, som om dessa lagers geologiska ålder i allmänhet, men förväntningarna ha i detta fall dock ej visat sig gå alldeles i uppfyllelse. Visserligen träffas graptoliter såväl å ena som å andra lokalen, men ingen art är gemensam för båda.

Å *lokal a* träffas ***Monograptus dubius*** Suess och ***Gothograptus nassa*** Holm. Av dessa har den förra en ganska stor vertikal utbredning; den är nämligen känd såväl från undre delen av colonusskiffern som från övre delen av cyrtograptusskiffern. Och ***Gothograptus nassa*** Holm anföres ej blott från märgelskiffer med ***Retiolites Geinitzianus*** Barr., ***Monograptus Flemingi*** Salt. och ***Monograptus dubius*** Suess på Gottland, således från cyrtograptus-lager, utan även från colonusskiffern vid Röddinge (i Skåne). Då det ej föreligger någon anledning att antaga, att det från Röddinge föreliggande materialet blivit felaktigt bestämt, har således även denna art något för stor vertikal utbredning, för att lagrens ålder medels den skulle kunna preciseras.

Ett bättre resultat har man i själva verket att vänta sig av den å *lokal b* anträffade ***Monograptus Flemingi*** Salt. Som nyss nämndes träffas den i Gottlands märgelskiffer tillsammans med de å *lokal a* vid Smedstorp funna graptoliterna. Graptoliten ifråga är också, efter allt vad hittills är känt ej blott från en mängd skånska fyndorter, utan även från England, att betrakta som karaktärsfossil för övre cyrtograptusskiffern. Från intet håll föreligger någon iakttagelse, på grund av vilken gränserna för artens vertikala utbredning möjligen skulle kunna tillskrivas en variation så pass stor att lagren å *lokal b* ändå skulle kunna anses tillhöra colonusskiffern. *Utgående från vårt förut gjorda, av flera skäl ganska sannolika antagande, att lagren å lokal a äro i det närmaste likåldriga med dem å lokal b, ligger det därför närmast till hands att räkna alla de Cardiola-förande lagren vid Smedstorp till cyrtograptusskiffern.* — Den hittills allmänt antagna satsen, att *Cardiola interrupta* Sow. i Skåne börjar först i colonusskiffern, skulle sålunda vara oriktig.

Ett erkännande härav skulle också innebära, att uppgifterna om colonusskifferns utbredning delvis vore mindre tillförlitliga eller t. o. m. rent av bevisligen felaktiga. Konsekvenserna härav ha tydligen för oss så stor vikt, att hithörande data naturligtvis underkastats en synnerligen ingående granskning. Av största betydelse är

givetvis att bestämningen av *Monograptus Flemingi* är fullt exakt. Vi anse oss därför böra särskilt framhålla att ett ganska stort och gott material av arten föreligger och att Professor Törnquist, som godhetsfullt genomgått detta, för sin del är förvissad om den gjorda bestämningens riktighet.

Genom granskningen av faunan i dess helhet komma vi sålunda ej till annat resultat än det ovan angivna, vilket innebär, att vi för närvarande måste antaga, *att de Cardiola-förande lagren vid Smedstorp med all sannolikhet tillhöra övre delen av cyrtograptusskiffern och sålunda ej äro, som man hittills trott, att räkna till colonusskiffern.*

Summary.

The Swedish Colonus shale, only known of from Skåne, is of very great extent and certainly also of a considerable thickness, but its stratigraphy as well as its paleontology are hitherto only little known. As the knowledge about these matters is of a great importance for parallelizing the younger Silurians of Sweden, not only between themselves but also with those of foreign countries, I have begun a more complete examination of this formation. But a thorough revision of the many different deposits takes indeed a lot of time. On that account, I have considered it advantageous to publish my results in the form of successive descriptions of the examined localities. In consequence thereof, I will here, after a review of the present state of our knowledge on the Swedish Colonus shale, as the first part give a description of the locality at Smedstorp mentioned as carrying Colonus shale. First when the results of the partial examinations are in hand, it will be possible to sum up all particulars.

The term »Colonus shale» was in 1889 introduced by Törnquist for all the Scanian graptolite shales younger than the Testis shale. Tullberg had (1880) separated this formation under the designation »Cardiola shale». The name »Colonus shale» was later on considered equal to »Cardiola shale» and has now almost displaced the other one. It is to remember that, just as the name »Cardiola shale» assigns formations of which *Cardiola interrupta* Sow. is characteristic, the denomination »Colonus shale» is applied to formations in which ***Monograptus colonus*** Barr. has been found. For the respective formations in question Tullberg and Törnquist certainly were assuming the same *lower* limit.

What again concerns the *upper* limit, the fixation of this has changed considerably during the times and the matter is not yet quite clear. Tullberg considered the »Cardiola shale» to be, at least partly, equivalent to the Öved-Ramsåsa formation (to a large extent consisting of sandstones and limestones), which opinion, however, later examinations have proved not to be true. Already in 1888 Eichstädt tried to show, that the Colonus or Cardiola shale formed the basis of the Öved-Ramsåsa formation and, accordingly, would not for some part be equivalent to this, an opinion to which also later authors have given further evidences. But

we have several reasons for rejecting the name »Cardiola shale» (in the sense of Tullberg). We are namely now knowing that *Cardiola interrupta* Sow. also is to be met with in somewhat older strata; it e. g. has been collected by Törnquist in the Retiolites-bearing shales of Dalarna. In Thuringia, it is even noted as characteristic of the »Cardiola-limestone» or »Ockerkalk», which according to Eisel, is the very equivalent to the Cyrtograptus shale. A great deal deposits, counted as Cardiola shale, have been referred to this only for the reason of *Cardiola interrupta* Sow. meeting therein, and, besides, if we only are considering the informations now given, it often is impossible to find any reason why the respective deposits have been classified as Cardiola shale or as Colonus shale. Under such circumstances it cannot be avoided that, although our researches are directed exclusively upon the Colonus shale, they must be extended to include also all Scanian graptolite shales containing *Cardiola interrupta* Sow. whatever their age may be.

As to the horizontal distribution, it is ought to be noted, as mentioned before, that real Colonus shale in Sweden is hitherto with certainty only known from Skåne. A statement by Marr that it should occur at Kinnekulle in Västergötland is, according to Holm, surely due to a mistake. And Schmalensee's assertion that he has found ***Monograptus colonus*** Barr. (i. e. Colonus shale) at Stygforsen in Dalarna is, as Törnquist remarks, not to consider as fully reliable. In 1910 Munthe mentions the find of ***Monograptus colonus*** Barr. in marl shale from Southern Gottland, but it may well be a matter of doubt whether that shale can be considered as a development of real Colonus shale.

The sketch map (pag. 8) shows the area within which the Colonus shale is to be found; the more remarkable points in this area are signed by figures, indicated in the complete list of localities mentioned in the literature (pag. 7—10). The foresaid area, as can be seen from the sketch map, occupies a belt running from S E. towards the N W., beginning in the district of Simrishamn and ending at Tågarp in the neighbourhood of Landskrona. This belt has a breadth of about 15 km. and a length of 100 km. If only Colonus shales were met with in the whole of the designed area, its square size should be calculated to 1500 □-km. Högbom assigns it to be 1200 □-km., but also this value is surely too high. For reasons, appearing from the preceding, it is impossible at present to point out the exact extent.

The harder rocks of the complex are greatly distributed as boulders in the moraines of Southern Skåne. Tullberg already accentuates the lithological and faunistic agreement between knobs of Scanian colonus-bearing limestones and some morainic boulders known of from Northern Germany as »Graptolithengestein».

The thickness of the Colonus shale is certainly very considerable. Tullberg tells us that it is 1128 m. at least. To such a result he surely has reached only by calculating the thickness under the supposition that the dip of the strata was constant in the whole district of the complex. In reality, the total thickness cannot be, even approximately, given, already from the reason that the overlying strata are nowhere known; not to speak of the case that over- and underlying strata never

are observable at the same locality. As no layers which are everywhere well marked by their fauna or their lithological habitus have been observed, it is impossible to combine the scattered profiles, each of which seldom is much more than 20 m. high.

The greater part of the strata consists of more or less calcareous, grey, soft, thinpaled shales, often approaching sandstones, and rich in small laminae of white mica. In some horizons, however, more or less dense or finegrained limestone is to be found in the form of continuous bands or lenses, sometimes of very large size. The sand-percentage now and then is so rich that real flagstones appear. These often have been called Odarslöv flags.

Also thickbanked layers destitute of lime (mudstones) sometimes are met with.

Tullberg thought that the so called »Cardiola shale» or »Colonus shale» was deposited during a transgression: the limestones and the sandstones (i. e. the Öved—Ramsåsa—Bjersjölagård formation) into shallow, but the shales into deeper water. He even thought to have found the shale and the sandstone interstratifying each others at Borstbäcken, near Övedskloster. In 1888 Eichstädt regarded the Colonus shale as a deep-sea formation, but Törnquist immediately after pointed out that the sea in which the deposition of the Colonus beds had taken place was not as deep as that wherein the underlying shales were deposited, and Moberg and Grönwall have later showed off that the Colonus beds at least partly, might be a deposit from a rather shallow water.

In general, the fauna of the Colonus shale is poor as well in species as in individuals, and particularly the shales, disregarding *Cardiola interrupta* Sow., afford, as a rule only some few graptolites. A great part of the complex is quite barren shales, more exceptionally one may find layers more rich in fossils of several kinds. From all the strata of the many different localities for Colonus shale or *Cardiola*-bearing shales, we have not to register more than rather above a dozen of graptolites, about the same number of crustaceans (ostracods and trilobites), while of the other classes of animals only rare forms are found in them (see the list, pag. 12).

No more detailed scheme has been worked out. In »Skånes graptoliter» Tullberg states that the *lower* part is characterized by ***Monograptus Nilssoni*** Barr. and ***Monograptus uncinatus*** Tullb. which both species are absent in the ***upper*** part.

Under such circumstances, it is obvious that the trials to parallelize the Scanian Colonus shale with other formations from abroad have not any reliable outcome. A review of several authors' attempts of parallelizing the Colonus shale with the corresponding English Silurians is given in the table, pag. 15. As may bee seen there, the authors have forwarded very different results. We may also find that in later times the common opinion is that the Scanian Colonus shale, upon the whole, has its nearest equivalent in the English Lower Ludlow, and especially is this opinion maintained of authors acquainted with the graptolite faunas. Whether the Aymestry Limestone, too, in this case is to be included in the Lower Ludlow or not, is a matter of question.

I. Smedstorp.

The first deposit to which a fairly intimate examination has been devoted, is that seen at Smedstorp in SE. Skåne (see the sketch map, pag. 8). Holst, who in 1892 for the first time mentions this locality, referred it, on account of the find of *Cardiola interrupta* Sow., to the Colonus shale. Because of its relatively great mixture, the fauna there has attracted much interest. Most of fossils were found in a mudstone lying in the shales. The strata in question have been met with little more than 1 km. W. of the church of Smedstorp, in the brinks of a canalized rivulet. The Silurians of the nearest neighbourhood, those of Flagabro in the NE. and of the Smedstorp railway station in the SE. are of much older geological age (Ordovician); consequently the Cardiola-bearing layers of Smedstorp are rather isolated. On my researches, I found the layers on the first known locality (on the sketch map, pag. 16 marked as *loc. a*) nearly horizontal, possibly a little dipping to W. They were accessible only in a short extent. After a slight interruption, indeed, shale with mudstone reappeared about 45 m. further to NE. This place I have called *loc. b*. Also here, the layers have fairly the same strike and dip as in *loc. a*. If no dislocation is concealed in the interspace, the layers at *loc. b* might perhaps be a little older than those at *loc. a*. The nearness of the deposits to each others and the resemblance of the lithological development, to some degree, speak for this being the fact. As a certain difference, however, is to be found between the faunas of these localities, their fossils have been strictly kept apart from each others. At *loc. a* 42 species have been found, at *loc. b* only 12. The two localities have only 3 species in common, as can be seen nearer from the tabular review, pag. 49, where also a complete list of fossils has been entered. 16 species are new; their descriptions are given in the following.

Discina pagodica n. sp.

Pl. I, fig. 10 a and b.

Nearly circular in outline; apex high, subcentral, acuminate and a little compressed from the sides. The posterior part of the shell seems to be a little more convex than the anterior. No fissure observed. Surface ornamented with from 5 to 6 feeble terrace-lines, and between them very fine, irregular, concentric striæ.

Diameter 11 mm.

Locality a.

This species bears some resemblance to certain shells of ***Discina Maeotis*** Eichw. (cfr Barrande, Sil. syst. Vol. V, pl. 100, II), but this last is of smaller size and has a more regular ornamentation with well marked terrace-lines, and radiating striæ.

Pholidops elliptica n. sp.

Pl. I, fig. 8 and 9.

Shell small, longitudinaly elliptical, moderately convex and with the umbo subcentral. The surface shows only few prominent, concentric lines of growth and between them numerous very fine, irregular striæ.

Length about 2,5 mm., width 1,5 mm.

Locality a.

Orthis Holsti n. sp.

Pl. I, fig. 13.

Shell small, semicircular; greatest width at the hinge line. Both valves strongly convex. Beak well marked, only little exceeding the hinge line. Surface of each valve marked by about 10 strong, radiating, obtuse-angled ribs. Interspaces of the same width and form as the ribs. At the beak the ribs are crossed by from 4 to 5 rather coarse growth-lines. Interior not known.

Very numerously represented in *locality a.*

Modiolopsis linguatus n. sp.

Pl. I, fig. 28.

Only the left valve is known; it is convex, obliquely elongate, expanding posteriorly. Hinge line straight; anterior end of shell a little narrowed, rounded; posterior end broad, nearly twice as wide as the anterior end, well rounded. Beak small, situated at the anterior end. From the beak a shallow sulcus runs obliquely back to the inferior margin, which it slightly sinuates. Surface of shell ornamented with fine concentric growth-lines and striæ, some of which are stronger than others.

Length 13 mm., height 7 mm.

Locality b.

Ctenodonta retusa n. sp.

Pl. II, fig. 6.

Convex, slightly elongate; length : height = 3 : 2. The greatest height over the beak, which is straight, prominent and situated a little nearer to the anterior than to the posterior end. Ventral margin strongly convex. Before umbo the upper

margin is dipping forwards, behind umbo it is abruptly bent down. No ornamentation is to be seen.

Closely similar to *Ctenodonta securiformis* Grönw. but distinguished from this by its less elongate form and more obtuse submedian umbo.

Locality a.

Lunulicardium caudagalli n. sp.

Pl. II, fig. 4 a and b.

Equivalve, convex, with terminal beak, strongly bent forward. Anterior and basal margins semicircularly rounded. The posterior margin, slightly convex, forms with the basal one a slightly obtuse angle. The surface, with except of the smooth beak, with about 40 radiating ribs, sharp, thread-like and rarely splitting. While the hindmost ribs are parallel with the posterior margin, the following ones bend more forwards, so that the foremost are making right angle to the hindmost ones. The ribs follow each others like the feathers in a cock's-tail. The interspaces between the ribs are of the same width and form as these. Also very fine concentric growth-lines are to be seen.

Locality a.

Antipleura? cucullaeiformis n. sp.

Pl. II, fig. 19.

Convex, rounded triangular, with the posterior end long, obliquely truncate. Anterior end rounded, in an even curve passing over into the slightly convex lower margin. Posterior margin nearly straight. The large and prominent beak curves somewhat backwards. A carina, a little backwards concave, runs from the beak to the posterior angle, thus bordering the little, steeply sloping posterior area. The anterior side of the beak is bordered by a furrow which, gently marked, runs nearly straight down to the lower margin.

The surface of the shells exhibits fine, somewhat irregular, thread-like, radiating ribs, and fine growth-lines which in the umbonal part are accompanied by shallow but distinctly marked concentric folds.

Locality a.

Maminka? suecica n. sp.

Pl. II, fig. 20.

Elongate, subovate. Very convex. The pointed beak is slightly bent downwards and backwards, and situated a little before the middle of the hinge line. The rounded anterior margin without break passing over into the gently convex lower margin. The posterior margin short, obliquely truncate, seems to form nearly right angle with the lower margin. From the beak a carina, backward

gently concave, runs to the posterior-lower corner, detaching an abruptly sloping field; likewise a faintly, but well marked furrow, directed towards the anterior part of the lower margin. This furrow separates a gently convex anterior part, the breadth of which scarcely amounts one third of whole shell. A slender line originating on the foremost portion of the umbo gives a slightly marked lunula.

Surface with fine, flattened or gently rounded, slightly elevated, radiating ribs, the interspaces of which have the same width as the ribs. Also traces of a very fine, concentric striation may be distinguished.

Locality a.

Stolidotus siluricus n. g. et n. sp.

Pl. II, fig. 14—17.

Both valves equal, triangular, rather flattened in the direction of the oro-anal axis, but for the rest moderately convex. The anterior margin almost straight, the posterior rounded, the lower slightly curved. Hinge unknown. Beak a little prominent, bent inwards and a little forwards. It has three strong, radiating, rounded furrows, in the umbonal part all of about the same strength. Towards the lower margin the furrows get wider and shallower, the posterior of them being always fully visible, but the others soon effacing.

Between the posterior furrow and the concavated posterior field a straight, strong, rounded carina is to be seen. Also at the anterior end, a feeble carina is discernible, marking the limit of a little anterior field, never perfectly observable on our adult specimens, which all have this part depressed and damaged. A juvenile specimen (Pl. II, fig. 14) on which this strongly sloping anterior field is tolerably well preserved, makes believe that the valves anteriorly have had an opening under the umbones. In such a case this genus must be closely allied to ***Pholadomya***.

The surface of the shell is covered with fine, radiating, flattened ribs, separated by narrower, shallow grooves. About 40 such ribs can be counted on the part between the anterior and posterior carina. The ribs on the posterior field seem to be a little stronger than those of the resting part of the shell. Besides these radiating ribs, the shell has very fine, concentric growth-lines. On umbo we also find from 3 to 4 concentric folds, particularly well marked at their anterior end. Young individuals on which this umbonal sculpture dominates, are hereby getting an appearance rather differing from that of the adult specimen.

Locality a.

Archinacella dubiosa n. sp.

Pl. III, fig. 10, a, b, and 11.

Shell cup-shaped, elliptical in outline, widest a little before the center, strongly convex with the greatest height close behind the apex, which is slightly projecting forwards. Young individuals have a more laterally compressed form, with the

maximum height at the centre (Pl. III, fig. 11). All our specimens of *A. dubiosa* are somewhat compressed, showing an irregular carina on the posterior slope (fig. 10 a). Surface only ornamented with lines of growth.

Length 4 mm., width 3 mm., height 1,5 mm.

Locality a.

Bellerophon buccinatus n. sp.

Pl. III. fig. 12 and textfig.

Shell involute, inflated. Aperture expanded. Upper lip slightly lobed. Slit band rounded, moderately elevated, from $^1/_2$ to $^3/_4$ mm. in breadth. The ornamentation of the surface consists of fine transverse lines (see textfig., pag. 36); also slight traces of longitudinal striæ are distinguishable.

Breadth of aperture 10 mm.

Locality a.

Hyolithus fabaceus n. sp.

Pl. III, fig. 14 and 15.

The conical shell rapidly tapering, longitudinally somewhat curved toward the ventral side. The dorsal side, transversely flat or slightly concave, meets the convex ventral side in a rounded margin, in consequence of which the transverse section, being about twice as wide as high, gets a reniform outline. The form of the opening cannot be stated. The ventral surface is marked by fine longitudinal striæ, the dorsal surface shows only slight concentric growth-lines.

Length 6 mm.

Locality a.

Dalmanites Mobergi n. sp.

Pl. IV, fig. 3—8.

Head-shield parabolic, convex; genal angles produced into spines. Glabella widening anteriorly. Axial furrows deep and nearly straight. Frontal lobe, equalling in length the remaining part of the glabella (the neck-lobe not included) is produced in the front, with the both exterior sides rectilinear. The glabella has three pairs of furrows, the first deepest and somewhat oblique, the second perpendicular to the axis and inwards increasing in depth, the third nearly parallel with the second, but in the inmost part a little more directed forwards, here being subparallel with the neck-furrow. The neck-lobe rather convex, broadest at the middle. The glabella is covered with fine granulæ and scattered greater and smaller tubercles. Also on the cheeks such a granulation can be observed. The flattened lateral border, inwards bounded by a strong furrow, cannot be followed further than to the frontal lobe.

The interior of the cheeks only slightly convex. The eyes which have big facets, occupy the distance between the first and the third lateral furrow.

The anterior branch of the facial suture, at first directed a little outwards, follows on the whole the axial furrow. The posterior branch, at first curving obliquely forwards and outwards, then turning backwards, at last cuts the outer margin under a very acute (resp. obtuse) angle.

Hypostome, about as long as wide, transversely slightly convex. Anterior margin nearly straight, posterior somewhat parabolic. Posteriorly the central part is bounded by a shallow furrow, at the ends of which the maculæ are placed. They are directed obliquely forwards and outwards.

The thoracic axis, limited by strong furrows, is about one third the width of the segment, and has a nearly semicircular section. The pleuræ, in the outer half strongly curved downwards, are furnished with strong oblique grooves. Pleuræ ending in points slightly bent up.

The whole surface of the thorax is covered with a fine and close granulation; besides, the posterior part of each ring shows well developed tubercles.

Pygidium nearly semicircular, with the posterior border evenly rounded. Length: breadth = 3: 5. Axis, conical, rather convex, with deep axial furrows, occupies $^4/_5$ of the total length and $^3/_{10}$ of the anterior margin. Disregarding the anterior half-ring, the axis has 8 distinct rings, separated by deep and broad furrows. The sides are convex and have 7 segments, all with a well marked oblique median furrow, desisting inside the flat limb. The posterior portion of a foregoing segment is somewhat elevated above the anterior portion of the following.

Axis and sides provided with tubercles, which on the rings as well as on the lateral lobes are almost arranged as in a string of pearls. The granulation, quite missing in the furrows, is more marked on the posterior than on the anterior portion of each segment.

Locality a.

Dalmanites simricus n. sp.

Pl. IV, fig. 9 and 10.

Only tails are known, all from *locality a.* They are parabolic, moderately convex; their length is to the width as 2 : 3. The axis is strongly narrowing backwards and ending in a sharp point near the margin. Besides the anterior little surface for articulation and the posterior triangular point, it has 10 rings separated by deep furrows, which on the anterior segments are broadest over the middle. At the axial furrow, the ring is a little flattened and sometimes slightly concave. The side lobes have 8 distinct segments separated by rather deep and narrow furrows. On the anterior part of the tail these furrows are at their start directed straight at the sides and only near the margin bending backwards; in the posterior part of the tail they seem to be gradually more and more directed backwards. All the furrows

are effaced before reaching the margin. On each segment there is an oblique groove narrow just at the axis and there directed backward-outward, then broader and holding the middle of the segment, gradually, however, approaching the posterior margin.

Length 18 mm., breadth 29 mm.

This pygidium resembles that of *Dalmanites dubia* Barr. but differs by its flatness (resp. concavation) on the side-parties of the axis-rings, by the more rounded outline, and by the more quickly narrowing side lobes.

Acidaspis cardiolarum n. sp.

Pl. IV, fig. 20 (and 21?)

Pygidium (fig. 20) triangular, and, apart of the spines, three times as wide as long. Axis (somewhat damaged) very convex, short, about one-third the width of the pygidium, slowly narrowing and not reaching the posterior border. Axis as well as side lobes with three segments. The middle segment of the side lobes continuates over the border, ending in a long spine directed backward and a little bent. Also the anterior segment has on each side a marginal spine, but this is nearly rudimentary. The posterior one has 6 marginal spines relatively short, all of equal strength and directed straight backwards. One specimen found.

Locality a.

Also a fragment of a thorax (fig. 21) belonging to an *Acidaspis*-species has been found in the same layer as the pygidium above-described.

The axis, very convex, is not fully one third the width of the segment. The rings show a rather low wale running between the axial furrows and continuing in the middle wale of the pleura. On each ring two small tubercles can be seen. Such a one is also to be found near the outer end of the pleuræ, at the base of the strong, gently recurved spine, in which the middle wale of the pleura is running out.

It seems very possible that this fragment belongs to *Acidaspis cardiolarum*. But it is also possible that these thoracic segments represent another species, hitherto unknown. On that account it is with some reservation that I here, for the present, will bring it together with *Acidaspis cardiolarum*.

Cryptocaris scanica n. sp.

Pl. IV, fig. 27 and 28.

The small chitinous shell is semicircular with rounded corners. That part of the outline which corresponds to the base of the segment (in the following for the sake of brevity called »the lower margin»), is, indeed, not straight but forms an outwards convex line. The shell is very thin, excepting the thickened border,

which is only visible on the inner side of the shell. The margin is plain upon the whole; a small concavation being, however, visible in the middle of its lower part, and traces of a ridge in the middle of the upper one. From the corners of the lower margin, a broad sinus stretches towards a concavation situated on the symmetry-line, quite near the upper part of the margin, and a little above the apex of the shell. The sector thus enclosed is convex, but itself again divided through a sinus proceeding from the apex and widening downwards. From the concavation above the apex, the shell is rapidly elevated towards the margin, making a distinct ridge which is, perhaps, more conpicuous since it is bordered by a very shallow sinus on each side. Only on the peripheric parts of the exterior surface, a fine, sharp striation parallel with the margin is observed. The interior surface is quite smooth.

Locality b.

The species here described presents great similarity to *Cryptocaris pulchra* Barr. but is, however, as I think, to be distinguished from this.

Conclusions drawn from the fauna.

Especially remarkable among the characteristics of this fauna is the great number of species common with the Silurian of Bohemia, and further the richness of lamellibranchiates, which, numbering 11 determinable species (among 16 in all), makes an essential part of this fauna.

For estimating the age of these isolated layers, the stratigraphical data give us little or no guidance, especially because no analogous formation is known from any other locality of Skåne, where the stratigraphical conditions are more instructive. Of course, it is rather exclusively in examination of the faunas we must try to find hold for the comparison of the strata on the localities *a* and *b*, and even for an eventual fixation of their very place in the silurian system. As has been told before, only 3 fossils are common to both localities. These fossils are *Cardiola interrupta* Sow., *Cardiola migrans* Barr. and *Orthoceras originale* Barr. As all these are of somewhat greater vertical extent, they afford only little information as to the age of the layers. Excepting the above mentioned fossils, only 7 fully determinable species are found at *loc b*. Of the two species there observed and formerly known, only ***Monograptus Flemingi*** Salt. has value for the fixation of the geological age of the layers. According to all other evidences, this species is characteristic for the upper part of the Cyrtograptus shale.

At *loc. a*, besides the 3 common species, 27 exactly determinable species have been met with; of these 14 are new and of course of no importance to the present question. Of the 13 remaining species, 7 are known from Bohemia, and for some of them we also have to note Portugal or France as habitats. None of these

seven species have stratigraphical significance. Not even the two graptolites have any greater importance for our purpose, as they are found not only in the Lower Colonus beds but also in the upper part of the Cyrtograptus shales.

Assuming the layers on the two localities to be very nearly of the same age, we must regard the occurrence of *Monograptus Flemingi* Salt. at *loc. b* as decisive for our interpretation of the geological age, since there is every reason to believe that *Cardiola interrupta* Sow. which also is found in these layers, deserves no greater reliance as a zone-fossil. *Of course we must, at present, place the Cardiola-bearing shales at Smedstorp among the Cyrtograptus shales, thus mustering them out from the Colonus shales.*

This somewhat surprising result of our examination illustrates in an evident manner how much we are wanting a thorough revision of all the strata which, justly or wrongly, now are classified as Colonus shales.

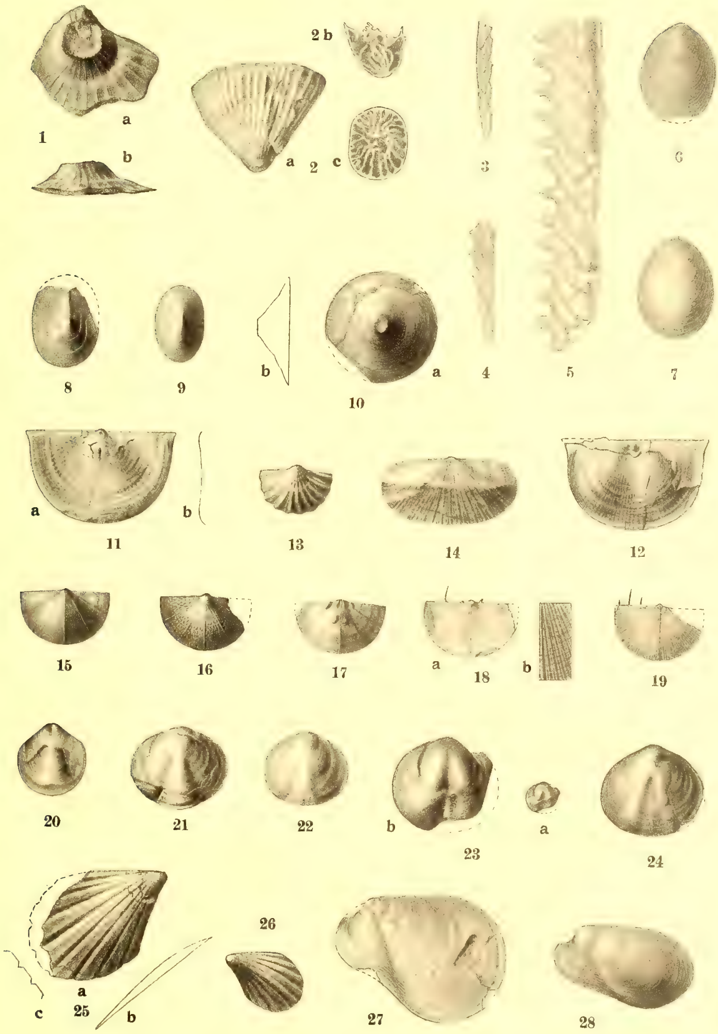
Innehållsförteckning.

Tavl. I

Förklaring till tavl. I.

Originalen tillhöra Lunds Universitets Geologisk-mineralogiska Institution.

Fig. 1. *Ptychophyllum?* sp. a) Sedd underifrån. 2 : 1. b) Profil. 2 : 1. *Lokal b.* Sid. 18.
» 2. *Zaphrentis* sp. a) Sedd från sidan. 2 : 1. b) Längdsnitt. 2 : 1. c) Tvärsnitt. 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 18.
» 3. *Monograptus dubius* SUESS. Proximaldel. 5 : 1. *Lokal a.* Sid. 18.
» 4. Samma art. Proximaldel. 5 : 1. *Lokal a.*
» 5. *Monograptus Flemingi* SALT. Distaldel. 5 : 1. *Lokal b.* Sid. 19.
» 6. *Lingula lata* SOW. Dorsalskal. 3 : 1. *Lokal a.* Sid. 21.
» 7. Samma art. Ventralskal? 3 : 1. *Lokal a.*
» 8. *Pholidops elliptica* n. sp. 5 : 1. *Lokal a.* Sid. 22.
» 9. Samma art. 5 : 1. *Lokal a.*
» 10. *Discina pagodica* n. sp. a) 2 : 1. b) Profil. 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 22.
» 11. *Strophomena bracteola* BARR. a) Ventralskal. 2 : 1. b) Profil. 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 23.
» 12. Samma art. Dorsalskal. 2 : 1. *Lokal a.*
» 13. *Orthis Holsti* n. sp. 3 : 1. *Lokal a.* Sid. 23.
» 14. *Orthis* sp. 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 23.
» 15. *Leptæna comitans* BARR. Ventralskal. 3 : 1. *Lokal a.* Sid. 24.
» 16. Samma art. Avtryck av ventralskalets innersida. 3 : 1. *Lokal a.*
» 17. Samma art. Dorsalskalets innersida. 3 : 1. *Lokal a.*
» 18. *Chonetes cingulata* LINDSTR. a) Ventralskal. 2 : 1. b) Del av skalet förstorat, visande orneringen. *Lokal a.* Sid. 24.
» 19. Samma art. Ventralskal. 2 : 1. *Lokal a.*
» 20. *Atrypa* sp. 4 : 1. *Lokal a.* Sid. 25.
» 21. *Atrypa Dormitzeri* BARR. Dorsalskal. 3 : 1. *Lokal b.* Sid. 25.
» 22. Samma art. Dorsalskal. 3 : 1. *Lokal b.*
» 23. Samma art. Ventralskal. a) 1 : 1. b) 3 : 1. *Lokal b.*
» 24. Samma art. Ventralskal. 3 : 1. *Lokal b.*
» 25. *Ambonychia antiquissima* BARR. sp. a) Högerskal 3 : 1. b) Längdprofil. c) Tvärprofil. *Lokal a.* Sid. 26.
» 26. Samma art. Vänsterskal. 3 : 1. *Lokal a.*
» 27. *Modiolopsis senilis* BARR. Vänsterskal. 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 26.
» 28. » *linguatus* n. sp. Vänsterskal. 2 : 1. *Lokal b.* Sid. 27.



Emy Klein delin.

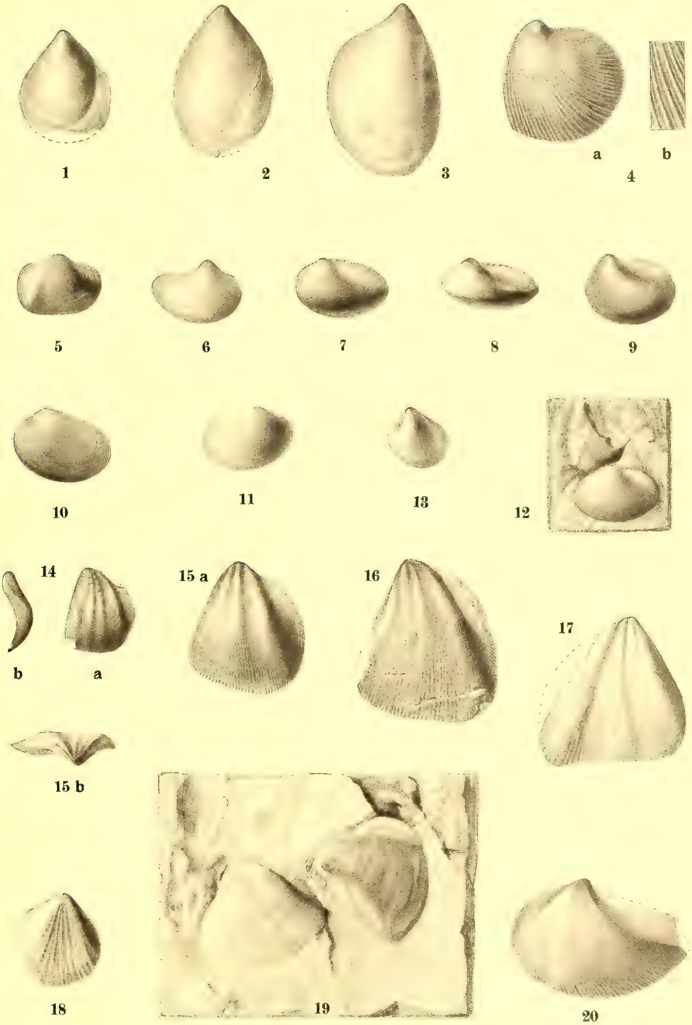
Ljustr. A. B. Lagrelius & Westphal, Stockholm

Tavl. II

Förklaring till tavl. II.

Originalen tillhöra Lunds Universitets Geologisk-mineralogiska Institution.

Fig. 1. *Mytilus (Myalina?) esuriens* BARR. 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 27.
» 2. Samma art. 2 : 1. *Lokal a.*
» 3. Samma art. 2 : 1. *Lokal a.*
» 4. *Lunulicardium caudagalli* n. sp. a) 5 : 1. b) En del av skalets ornering förstorad. *Lokal a.* Sid. 29.
» 5. Obestämbar mussla (I). 4 : 1. *Lokal a.* Sid. 35.
» 6. *Ctenodonta retusa* n. sp. Högerskal. 5 : 1. *Lokal a.* Sid. 28.
» 7. *Nucula* sp. (I). Vänsterskal. 4 : 1. *Lokal a.* Sid. 28.
» 8. Samma art. Vänsterskal. 4 : 1. *Lokal a.*
» 9. Samma art. Vänsterskal. 3 : 1. *Lokal a.*
» 10. *Nucula* sp. (II). Vänsterskal. 3 : 1. *Lokal a.* Sid. 28.
» 11. » sp. (III). Högerskal. 3 : 1. *Lokal b.* Sid. 29.
» 12. » sp. (IV). Vänsterskal. 3 : 1. *Lokal b.* Sid. 29.
» 13. Obestämbar mussla (II). 10 : 1. *Lokal a.* Sid. 35.
» 14. *Stolidotus siluricus* n. g. et n. sp. a) Vänsterskal. 3 : 1. b) Skalet sett i profil framifrån. 3 : 1. *Lokal a.* Sid. 34.
» 15. Samma art. a) Vänsterskal. 3 : 1. b) Skalet sett från låsranden. 3 : 1. *Lokal a.*
» 16. Samma art. Vänsterskal. 3 : 1. *Lokal a.*
» 17. Samma art. Högerskal. 3 : 1. *Lokal a.*
» 18. *Dualina?* sp. 3 : 1. *Lokal a.* Sid. 32.
» 19. *Antipleura? cucullaeiformis* n. sp. 1 : 1. *Lokal a.* Sid. 32.
» 20. *Maminka? suecica* n. sp. Vänsterskal. 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 33.



Emy Klein delin.

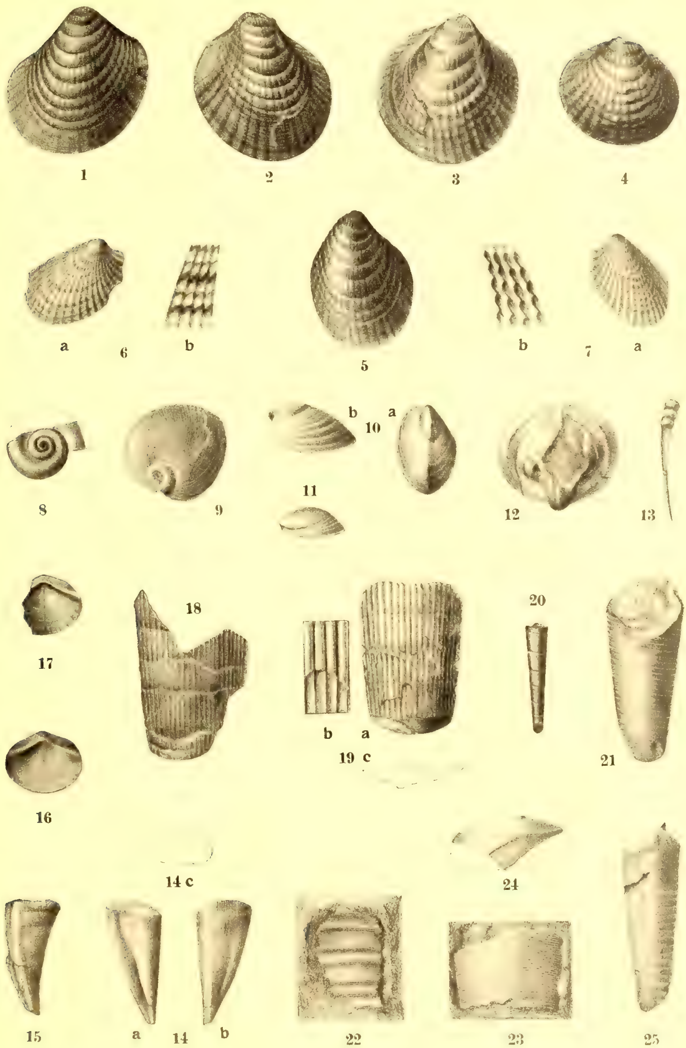
Ljustr. A. B. Lagrelius & Westphal, Stockholm

Tavl. III

Förklaring till tavl. III.

Originalen tillhöra Lunds Universitets Geologisk-mineralogiska Institution.

Fig. 1. *Cardiola interrupta* Sow. Högerskal. 1½ : 1. *Lokal a.* Sid. 29.
» 2. Samma art. Vänsterskal. 1½ : 1. *Lokal a.*
» 3. Samma art. Högerskal. 2 : 1. *Lokal a.*
» 4. Samma art. 2 : 1. *Lokal a.*
» 5. Samma art. 2 : 1. *Lokal a.*
» 6. *Cardiola migrans* Barr. Högerskal. a) 3 : 1. b) Skalets ornering förstorad. *Lokal a.* Sid. 31.
» 7. Samma art. Vänsterskal. a) 2 : 1. b) Skalets ornering förstorad. *Lokal a.*
» 8. *Umbospira* sp. 5 : 1. *Lokal a.* Sid. 36.
» 9. *Platyostoma* sp. 3 : 1. *Lokal b.* Sid. 36.
» 10. *Archinacella dubiosa* n. sp. a) Sedd uppifrån. 4 : 1. b) Sedd från sidan. 4 : 1. *Lokal a.* Sid. 35.
» 11. Samma art. Ungt individ. 6 : 1. *Lokal a.*
» 12. *Bellerophon buccinatus* n. sp. 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 36.
» 13. *Tentaculites* sp. 10 : 1. *Lokal a.* Sid. 37.
» 14. *Hyolithus fabaceus* n. sp. a) Dorsalsidan. 4 : 1. b) Ventralsidan. 4 : 1. c) Tvärgenomskärning. 4 : 1. *Lokal a.* Sid. 37.
» 15. Samma art. Sedd från högra sidan. 4 : 1. *Lokal a.*
» 16 och 17. Lock till *Hyolithus* sp. Fig. 16 inre sidan, fig. 17 avtryck av yttersidan. 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 37.
» 18. *Orthoceras originale* Barr. 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 38.
» 19. Samma art. a) 2 : 1. b) Förstorat parti. Del av skalet, upptill visande det övre, nedtill det undre lagret. 4 : 1. c) Profil av understa septum. 2 : 1. *Lokal a.*
» 20. *Orthoceras* sp. (I). 1 : 1. *Lokal a.* Sid. 39.
» 21. » sp. (II). 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 39.
» 22. » ? sp. (III). Skalfragment. 3 : 1. *Lokal b.* Sid. 39.
» 23. *Orthoceras* sp. (IV). Skalfragment. 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 39.
» 24. Samma art. Fragment av en kammare; undre sidan överst. 2 : 1. *Lokal a.*
» 25. *Orthoceras* sp. (V). 1 : 1. *Lokal a.* Sid. 40.



Emy Klein delin.

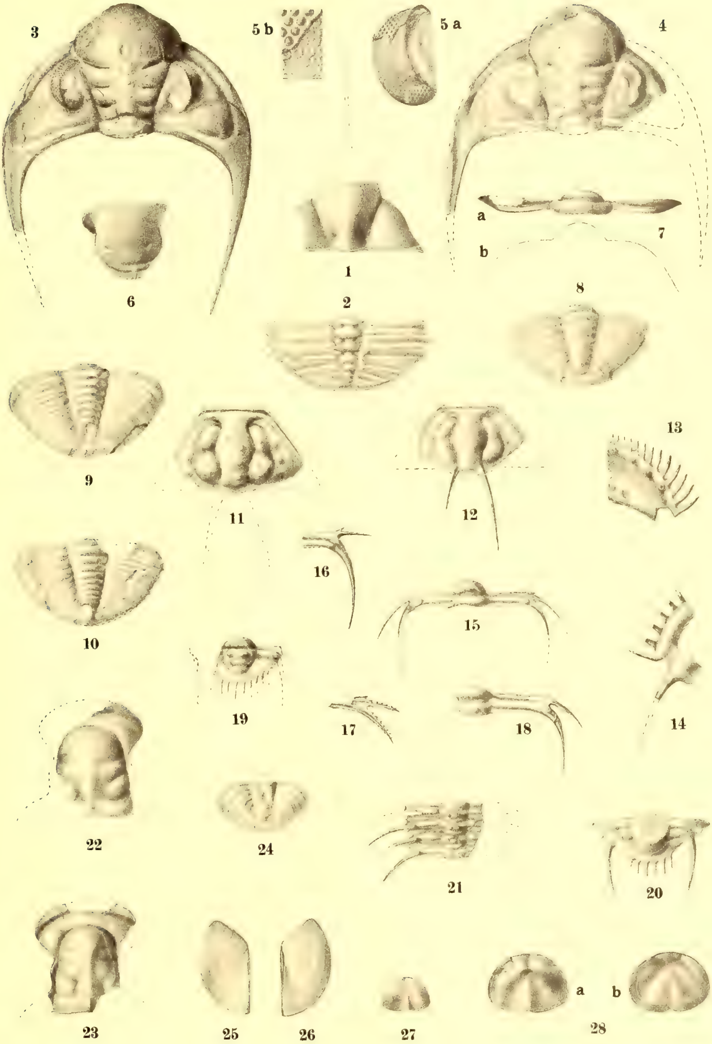
Ljustr. A. B. Lagrelius & Westphal, Stockholm

Tavl. IV

Förklaring till tavl. IV.

Originalen tillhöra Lunds Universitets Geologisk-mineralogiska Institution.

Fig. 1. *Ampyx Rouaulti* Barr. Cranidium. 4 : 1. *Lokal a.* Sid. 40.
» 2. Samma art. Pygidium jämte 3 thoraxled. 6 : 1. *Lokal a.*
» 3. *Dalmanites Mobergi* n. sp. Cranidium. 1 : 1. *Lokal a.* Sid. 40.
» 4. Samma art. Cranidium. 1 : 1. *Lokal a.*
» 5. Samma art. Öga. a) 2 : 1. b) Del därav förstorad. 4 : 1. *Lokal a.*
» 6. Samma art. Hypostom. 1 : 1. *Lokal a.*
» 7. Samma art. Thoraxled. a) Sett ovanifrån. 1 : 1. b) Profil. 1 : 1. *Lokal a.*
» 8. Samma art. Pygidium. 2 : 1. *Lokal a.*
» 9. *Dalmanites simricus* n. sp. Pygidium. 2 : 1. *Lokal a.* Sid. 42..
» 10. Samma art. Pygidium. 1 : 1. *Lokal a.*
» 11. *Acidaspis mira* Barr. Cranidium. 5 : 1. *Lokal a.* Sid. 43.
» 12. Samma art. Cranidium. 5 : 1. *Lokal a.*
» 13. Samma art. Del av lös kind. 5 : 1. *Lokal a.*
» 14. Samma art. Del av lös kind. 5 : 1. *Lokal a.*
» 15. Samma art. Thoraxled. 3 : 1. *Lokal a.*
» 16. Samma art. Thoraxled. 3 : 1. *Lokal a.*
» 17. Samma art. Thoraxled. 3 : 1. *Lokal a.*
» 18. Samma art. Thoraxled. 3 : 1. *Lokal a.*
» 19. Samma art. Pygidium. 5 : 1. *Lokal a.*
» 20. *Acidaspis cardiolarum* n. sp. Pygidium. 5 : 1. *Lokal a.* Sid. 44.
» 21. Samma art? Thoraxled. 2 : 1. *Lokal a.*
» 22. *Proetus gracilis* Barr. Cranidium. 3 : 1. *Lokal a.* Sid. 45.
» 23. Samma art. Cranidium. 3 : 1. *Lokal a.*
» 24. Samma art. Pygidium. 4 : 1. *Lokal a.*
» 25. *Aptychopsis primus* Barr. Vänsterskal. 1 : 1. *Lokal a.* Sid. 46.
» 26. Samma art. Högerskal. 1 : 1. *Lokal a.*
» 27. *Cryptocaris scanica* n. sp. Yttersida. 3 : 1. *Lokal b.* Sid. 47.
» 28. Samma art. a) Yttersida? 3 : 1. b) Innersida? 3 : 1. *Lokal b.*



Emy Klein delin.

Ljustr. A. B. Lagrelius & Westphal, Stockholm

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 11. Nr 7.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 26. Nr 7.

BIOLOGISK-FAUNISTISKA UNDERSÖKNINGAR AV ÖRESUND

II.

CRUSTACEA MALACOSTRACA OCH PANTOPODA

AV

WILHELM BJÖRCK

(MED 1 KARTA)

(Från Zoologiska institutionen, Lund)

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Föredragen i K. Fysiografiska Sällskapet d. 10 mars 1915.

LUND 1915
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

INLEDNING.

Öresunds djurvärld har fått sin första bearbetning i A. S. Örsteds banbrytande undersökning »De regionibus marinis». I detta arbete har områdets biologiska förhållanden erhållit en för sin tid ingående framställning. Med hänsyn tagen ej blott till rent zoologiska fakta, utan på basis därjämte av geologiska och botaniska studier, har Örsted lämnat ett beaktansvärt försök till en genomförd gruppering av de ej så få former, om vilkas existens inom området han till stor del genom egna forskningar skaffat sig kännedom.

Örsted följer vid begränsningen av Öresundsområdet strängt geografiska råmärken, linjen Falsterbo—Stevns i söder och Kullen—Gilbjerghoved i norr. Men han låter, som vi skola se, ingalunda dessa traditionella gränser undanskymma de skiljaktigheter inom de biologiska förhållandena, som träda fram i olika delar av det allt annat än enhetliga gebitet. Örsted har haft blick ej blott för de horisontalutbredningen reglerande lagarna, han har också tagit sikte på och sökt närmare analysera de faktorer, som influera bestämmande på djurens vertikala fördelning. Hans understrykande av förhållandet mellan å ena sidan djup, bottenformation och vegetation, å andra sidan dessa betingelsers inverkan på djurvärldens karaktär, torde än i denna dag kunna påräkna uppmärksamhet såsom i huvudsak riktigt. På samma sätt äro Örsteds iakttagelser över de hydrografiska förhållandena och hans sammanställning av djurvärldens allmänna karaktär därmed, att anse som ett första försök att inordna dessa båda skilda faktagrupper under en gemensam synpunkt, ett uppslag, som det blivit en senare tids djurgeografiska forskning förunnat att närmare utveckla och fullfölja.

Ur nu antydda synpunkter har den nämnda undersökningen sitt givna intresse; som lokalfaunistiskt källarbete måste dess betydelse bli mindre. Även om det är ofrånkomligt, att Örsted fullt beaktat flera av de olika regionernas viktigaste karaktärsdjur, låter det sig icke göra att med hjälp av Örsteds sparsamma lokaluppgifter bilda sig en närmare föreställning om de olika arternas utbredningsförhållanden. I detta hänseende har man för en del grupper större ledning av E. Lönnbergs 1898 och 1899 företagna undersökningar av områdets fauna. På grundval av de därvid vunna resultaten har Lönnberg kunnat giva ej blott en preliminär begränsning av

det zoogeografiska området Öresund utan också lämna en hypotetisk härledning av faunans allmänna natur, under speciellt hänsynstagande till den redan av Ørsted anmärkta talrikheten av former med arktisk utbredning. Lönnbergs undersökning måste anses, ej minst i betraktande av de primitiva förhållanden, varunder den utfördes, vara anmärkningsvärt resultatrik och skulle helt visst, om större uppmärksamhet ägnats redan bekanta hydrografiska fakta samt förut offentliggjorda faunistiska arbeten, ha lett fram till en, i varje fall i det stora hela riktig uppfattning av områdets djurgeografiska ställning. Till dessa förhållanden återkommer jag närmare i det följande.

Innan jag går att i stora drag antyda de fältiakttagelser och undersökningar, som ligga till grund för min framställning [1], har jag att dröja vid övrig området på ett eller annat sätt berörande litteratur för de djurgrupper, som här komma till behandling.

De malakostraka krustacéernas utbredning i de svensk-danska farvattnen har hittills varit ganska ojämnt känd. Det är i främsta rummet danska forskningar, som lämna material för jämförelse med de vid våra undersökningar vunna resultaten. Jag erinrar om F. Meinerts bearbetning av Kattegatts och Öresunds fauna, där speciellt isopoder och amfipoder varit rikt företrädda; sparsammare är däremot materialet av cumacéer, schizopoder och dekapoder. På väsentliga punkter kompletterande ha för samtliga grupper med undantag för amfipoder och dekapoder H. J. Hansens kritiska förteckningar varit, grundade som de äro på ett mycket betydande, från skilda expeditioner stammande material. Tyvärr föreligger över amfipoderna ingen dylik förteckning, en brist, som är så mycket kännbarare som Meinerts bestämningar i flera fall ej kunna a priori förutsättas vara riktiga. Dekapoderna ha av Stephensen gjorts till föremål för en liknande bearbetning, varjämte samme författare i sin fauna lämnar ytterligare lokaluppgifter om dessa samt om cumacéer och schizopoder. Det svenska kustområdets krustacéfauna är mycket ofullständigt känd. Från äldre tider äga vi emellertid av Lilljeborgs hand flera avhandlingar, som beröra olika kuststräckors kräftdjur, däribland Kullabergstrakten. Över amfipoderna har Bruzelius offentliggjort ett för sin tid förtjänstfullt systematiskt arbete, vari dock faunistiska uppgifter äro både sparsamma och summariska. Djurgeografiska synpunkter äro också helt naturligt främmande för dess författare.

Förutom i de sammanfattande arbetena av G. O. Sars och Stebbing har jag för utbredningsförhållandena hämtat uppgifter väsentligen hos följande författare: *Östersjön,* Blanc, Lenz, Lindström, Metzger, Möbius, Nordqvist, Zaddach; *Nordsjön,* Ehrenbaum, Reibisch, Sokolowsky, Zirwas. Stappers och Stephensen (Conspectus) lämna för åtskilliga arter omfattande utbredningslistor. Detsamma gäller också om avhandlingar över schizopoder resp. cumacéer av Zimmer, Kramp och Gilson. I arbeten av Norman, Tattersall, Walker och Chevreux finner man uppgifter om olika krustacégruppers förekomst vid Brit. öarna och Västeuropa.

[1] I ett tidigare arbete (Björck 1913 s. 4 och 5) har jag utförligare angivit dessa undersökningars gång.

Utbredningen inom Västatlanten har jag inhämtat dels av det tyvärr gamla arbetet av S. I. SMITH, dels för cumacéerna resp. isopoderna av CALMANS och RICHARDSONS nyare arbeten.

Utbredningen i arktiska hav behandlas av ett flertal författare, varav jag nämner: GOËS, H. J. HANSEN, OHLIN, STEPHENSEN, STUXBERG.

Från svensk sida har tyvärr ytterst litet åtgjorts för att klargöra de djurgeografiska förhållandena i de vår halvö omgivande haven. De mångåriga undersökningar, som bedrivits vid Kristineberg, ha icke resulterat i någon sammanfattande framställning av områdets zoogeografiska natur. Å norsk sida har ett sådant arbete åstadkommits av APPELLÖF. Såväl »Havbundens dyreliv» som hans bearbetning av den norska kustens dekapodfauna ha vid genomförandet av denna undersökning varit av oskattbart värde. Den allra sista tidens litteratur har att uppvisa helt nya uppslag för behandlingen av marin-djurgeografiska problem. C. G. JOH. PETERSEN (1913) har med öppen blick för svagheten i hittills använda metoder sökt att ersätta eller komplettera det gängse kvalitativt analytiska forskningsarbetet med kvantitativa undersökningar över havsbottnens organiska liv och på denna väg lyckats uppnå resultat, vilkas fruktbringande inflytande på och banbrytande betydelse för kommande forskningar ligger i öppen dag. Och här må ej heller förbigås samme forskares många tidigare arbeten å detta gebit. Redan i »Hauch»-bearbetningen har PETERSEN uppdragit konturerna till den åskådning, som senare klarare utformats. Slutligen bör jag nämna JÄGERSKIÖLD och VON HOFSTEN, som kritiskt skärskådat de glaciala relikternas ställning i svensk havsfauna, då LÖNNBERGS härledning av öresundsfaunan nödvändiggör ett berörande även av hithörande frågor.

Måhända böra några ord till slut sägas också om materialvalet. Av mitt föregående arbete framgår, att den undersökning, som härmed föreligger, svällt ut utöver vad som ursprungligen avsågs. Det var från början min avsikt att lämna en sammanställning av de dekapoder, som erhållts under de åren 1909—1912 under professor H. WALLENGRENS ledning utförda undersökningarna i Öresund. Genom deltagande i ett flertal av fångstfärderna hade jag mig bekant, att kännedomen om denna djurgrupps utbredning i våra hav på ej så få punkter därigenom kompletterats. Under arbetets gång blev det mig alltmera klart, att den av LÖNNBERG förfäktade uppfattningen svårligen lät sig förenas med de resultat, varåt sammanställningarna pekade. I LÖNNBERGS bevisföring spelade mysidacéen *Mysis oculata* (FABR.) en framskjuten roll och, i förhoppning att möjligen kunna verifiera dess förekomst, genomgick jag det ganska betydande schizopodmaterial, som stod till förfogande. Därvid snarare ökades än minskades mina tvivel på faunans reliktnatur, och jag började hoppas att kunna i någon mån bidraga till lösningen av spörsmålet om Öresundsfaunans förhållande till de angränsande havsområdenas. Ett fullföljande av denna uppgift indrog i undersökningen övriga malakostraka kräftdjur, med tyngdpunkten förlagd till amfipoderna, vilken djurgrupp, som nedan ses, också visat sig giva god ledning vid omdömets grundande. Däremot ansåg jag mig ej kunna, utan att undersökningsprogrammet måst undergå en utvidgning, som det låg utan-

för möjlighetens gräns att inom den närmaste framtiden se realiserad, undersöka även entomostracéerna. Likaså har jag avstått från att bearbeta de för övrigt mycket obetydliga samlingar av parasitkräftor, som gjorts.

Detta som motivering för den begränsning, som nödvändiggjorts av det ofrånkomliga förhållandet, att det icke är möjligt att på en hand samla en *fullständig* faunistisk behandling av området.

Av det ovan sagda torde det vara klart, att i mitt program icke ingått att lämna ett i egentlig mening strängt systematiskt arbete. Endast i undantagsfall har jag därför ägnat uppmärksamhet åt frågor av denna art. Anledning härtill har så mycket mindre förelegat, som de flesta av de här avhandlade krustacéerna i senare tid varit föremål för monografisk behandling av G. O. Sars, vars framställning jag i regel ansett mig böra följa. Lika litet har det synts mig av behovet påkallat, att upptaga fullständiga synonymiutredningar; jag har därför endast anfört sådana vanliga synonymer, som återfinnas i området mera direkt berörande litteratur.

Uppgiften har sålunda i korthet varit, att fastlägga *vilka arter*, som ingå i Öresundsområdets fauna samt deras *utbredning* därinom, sedd i sammanhang med deras förekomst såväl inom angränsande havsgebit som med utbredningen i dess helhet. Den har slutligen också varit att på grundvalen av sålunda vunna hållpunkter, i ljuset av de rådande naturförhållandena, komma till klarhet över *Öresundsområdets djurgeografiska ställning*. I vad mån de uppnådda resultaten kunna göra anspråk på ett mera *generellt* biogeografiskt berättigande eller äro giltiga endast ifråga om de djurgrupper, som här avhandlats, låter sig ju icke med full säkerhet avgöra, förrän bearbetningen av materialet fortskridit vidare. Men i betraktande av såväl de nämnda gruppernas omfattning och mångsidiga förekomst som de hydrografiska betingelser, vilka i väsentlig mån reglera utbredningsförhållandena, torde man kunna vara berättigad hysa den välgrundade förmodan, att övriga grupper skola giva enahanda resultat beträffande både läget av sydgränsen för framträngandet mot Östersjön och framförallt beträffande den allmänna karaktären hos faunan. Detta senare med desto större sannolikhet som jag kunnat bestämt konstatera, att en annan grupp, echinodermerna, som ställts i främsta ledet, då det gällt att åt Öresundsfaunan vindicera en arktisk reliktetikett, alldeles icke ger något stöd för en dylik ståndpunkt utan tvärtom pekar i samma riktning som de övriga, här behandlade djurgrupperna [1].

[1] Säkerligen gäller detta också ifråga om sydgränsen i Sundet. Petersen konstaterar nämligen: (1889 s. 49) »de fleste af desse Arter (de söder om Helsingör förekommande echinodermerna) standse sikkert med det dybe Vand mellem Hveen og Landskrona».

Till min lärare, professor Hans Wallengren, under vars ledning det här bearbetade materialet hopbragts, är det mig en kär plikt att även å detta ställe ge uttryck åt min stora tacksamhet, ej blott för det livliga intresse, han på många sätt i råd och dåd ägnat min undersökning alltifrån dess början, utan också för det aldrig svikande tillmötesgående, som jag rönt under den följd av år, jag haft förmånen arbeta under hans chefskap å Zoologiska institutionen. Jag anhåller likaledes att få bringa professor Oskar Carlgren ett varmt tack för det intresse, han städse visat min undersökning och den beredvillighet, varmed han bistått mig vid dess utförande. Fil. doktor H. J. Hansen hembär jag ett hjärtligt tack för välvilligt bistånd med bestämning av flera kritiska former samt för godhetsfullt meddelade råd och upplysningar.

Slutligen har jag att erkännsamt tacka Sv. Hydrografisk-biologiska kommissionens verkställande råd, genom vars välvilja »Skagerak» vid flera tillfällen stått till undersökningens förfogande samt »last but not least» fartygets alltid lika tillmötesgående befälhavare, Löjtnant Gustaf Ridderstad, och hans besättning för värdefull handräckning vid arbetenas utförande.

I. Undersökningsstationerna.

Undersökningarna ha fortgått å inalles omkring ett sextiotal stationer och ha bedrivits med redskap för såväl botten- som planktonfångst. Det undersökta området sträcker sig från Lommabukten till trakten av Kullen.

	Undersökt år och dag.
Station 1. Lommabukten, 11—15 m., sandblandad lera.	$^{27}/_{7}$ 11.
2. Utanför Vikhög, 15—19 m., lera.	$^{9}/_{7}$ 10.
3. Sydväst om Barsebäcks fyr, 10—16 m., lera.	$^{22}/_{7}$ 11.
4. Söder om Barsebäcks fyr, 9—18 m., lera med död Zostera.	$^{9}/_{7}$ 09; $^{4}/_{7}$ 10; $^{8}/_{7}$ 10; $^{9}/_{7}$ 10.
5. Utanför Kulorna, 16 m., lera.	$^{9}/_{7}$ 09; $^{3}/_{8}$ 09.
6. Söder om Pinhättan, 20—23 m., lera.	$^{3}/_{8}$ 09; $^{7}/_{7}$ 11.
7. Väster om Pinhättan, 16—18 m., lera.	$^{19}/_{7}$ 10; $^{22}/_{7}$ 11.
8. Tvärs Sjöbo, 19 m., lera.	$^{19}/_{7}$ 10; $^{5}/_{7}$ 11.
9—10. Tvärs Barsebäcks kyrka, 16—19 m., lera.	$^{6}/_{8}$ 09; $^{3}/_{10}$ 10 S.; $^{5}/_{7}$ 14 S.
11. Lundåkrabukten, inre delen, 3—6 m., sand.	$^{3}/_{8}$ 09; $^{5}/_{7}$ 11; $^{22}/_{7}$ 11.
12—13. » , yttre delen, 17—19 m., lera med maskrör; något Laminaria.	$^{12}/_{7}$ 10; $^{5}/_{7}$ 11; $^{7}/_{7}$ 11; $^{6}/_{7}$ 14 S.
14—15. Tvärs Hofterups kyrka, 19—23 m., lera och Laminaria.	$^{6}/_{8}$ 09; $^{5}/_{7}$ 10; $^{3}/_{10}$ 10 S.; $^{26}/_{7}$ 11; $^{5}/_{7}$ 14 S.
16. Tvärs Taarbæk, 19—21 m., lera.	$^{26}/_{7}$ 11.
17. Söder om Valgrundet, 20—25 m., sandblandad lera.	$^{26}/_{7}$ 11.
18. Väster om Västerflackets sydprick, 19—25 m., sandblandad lera med något död Zostera.	$^{6}/_{8}$ 09; $^{26}/_{7}$ 11; $^{5}/_{7}$ 14 S.
19. Södra delen av Gräsrännan, 4 m., sand med Zostera.	$^{23}/_{7}$ 09; $^{12}/_{7}$ 10;
20. Väster om Västerflackets SW-prick, 25—28 m., lera.	$^{5}/_{7}$ 10; $^{26}/_{7}$ 11; $^{5}/_{7}$ 14 S.
21. Söder om » W- » , 22—37 m., lera.	$^{6}/_{8}$ 09; $^{26}/_{7}$ 10.
22. Söder om linjen Vedbæk—Landskrona, 17—19 m., skalgrus med vegetation av Laminaria och rödalger.	$^{3}/_{10}$ 10 S.
23. Tvärs Vedbæk, kanten av Lous flak, 8 m., sandblandad lera.	$^{25}/_{7}$ 10.

24. Gräsrännan, norra delen, 3 m., sand med Zostera.	14/7 10; 11/7 11.
25. Väster om Västerflackets NW-prick, 32—52 m., lera med död Zostera.	5/7 10; 28/7 10; 21/9 10 S.; 3/10 10 S.; 11/7 11; 4/7 14 S.
26. Väster om Pilhaken, 42 m., lera med död Zostera.	4/10 10 S.
26 a. Väster om Västerflackets nordprick, 25 m., sandblandad lera.	16/7 10.
27. Linjen Landskrona—Haken, 17—21 m., lera.	12/7 10; 26/7 10; 14/7 11.
28. Öster om Staffansbank, 25—30 m., skalgrus.	28/7 10; 15/10 13 S.
28 a. Staffansbank, 15—17 m., hård botten med riklig Laminariaformation och rödalger.	4/7 14 S.
29. Nordväst om Staffansbank, 20—25 m., lera med skal och död Zostera.	12/7 09; 15/10 13 S.
30. Söder om Ven, 19—26 m., lera.	5/7 10.
31. Tvärs Bäckvik, 23—34 m., lera med talrika Haploopsrör.	5/7 10; 4/7 14 S.
32. Nordost om Bäckviks hamn, 5—6 m., sandblandad lera med Zostera och Chorda.	12/7 09.
33. Mellan Bäckvik och Haken, 20 m., lera med död Zostera.	12/7 09.
34. Linjen Haken—Ålabodarna, 25—32 m., lera.	28/7 09; 21/7 10; 4/10 10 S.
35. Norr om Ven, 20—36 m., lera med död Zostera.	28/7 09; 21/7 10; 4/10 10 S.; 2/7 11 S.; 4/7 14 S.
36. Mellan Ven och Själland, 13—15 m., sandblandad lera med brun- och rödalgvegetation; merendels mycken slagg.	4/10 10 S.; 4/7 14 S.
37. Norr om Ven, tvärs Ålabodarna, 28—34 m., lera.	21/7 10; 21/9 10 S.; 17/7 11 S.; 4/7 14 S.
38. Nordväst om Ven, 16—20 m., sandblandad lera med riklig rödalg- och Laminariavegetation; mycken slagg.	4/10 10 S.; 4/7 14 S.
39. Linjen Rå—Vens västkust, 28—30 m., blandad botten.	21/9 10 S.; 3/7 14 S.
40. Södra Disken, 7—10 m., sand.	3/10 10 S.
41. Väster om Disken, 20 m., sandblandad lera med Laminaria och rödalger.	4/10 10 S.; 4/7 14 S.
42. Väster om Knähaken, 23—35 m., sand och skal; något Laminaria samt slagg.	21/7 10; 29/7 10; 3/7 14 S.
43. Norra Disken, 9—10 m., sand.	4/10 10 S.
44. Öretvisten, linjen Hälsingör—Hälsingborg, 37—42 m., lera.	22/9 10 S.; 5/7 14 S.
45. Öretvisten, tvärs Ringstorp, 43—46 m., lera.	22/9 10 S.
46. » , tvärs Sofiero, 31—40 m., lera.	22/9 10 S.; 15/10 13 S.; 5/7 14 S.

47. Linjen Hittarp—Hellebæk, 28 m., hård botten med alger, ofta slagg. 4/10 10 S.
48. Norr om Hellebæk, 20 m., grov sand. 4/10 10 S.
49. Norra Öretvisten, 28—42 m., skalgrus och alger; också lera med Haploopsrör, stundom slagg. 22/9 10 S.; 17/7 11 S. 5/7 14 S.
50. Sydväst om Viken, 26—28 m., lera. 22/9 10 S.; 18/7 11 S.
51. Väster om Viken, 25 m., lera. 18/7 11 S.; 16/10 13 S.
52—53. Tvärs Lerhamn, 23—25 m., sandblandad lera med skal. 18/7 11 S.; 16/10 13 S.
53 a. Väster om föregående, 25—28 m., skalgrus. 16/10 13 S.

Rörande undersökningarnas allmänna gång hänvisas till min föregående uppsats. Här må blott nämnas, att åren 1909 och 1910 väsentligen ägnades åt undersökning av den närmast Barsebäck belägna delen av området. Åren 1910—1914, då undersökningsfartyget »Skagerak» vid fem olika tillfällen disponerades [1], bedrevos forskningarna över hela Sundet, med tyngdpunkten förlagd norr om Ven.

För att ge en föreställning om materialets omfattning och lämna möjlighet att bedöma med vilken grad av grundlighet de skilda delarna undersökts har jag ovan meddelat data för de olika stationernas undersökning. För en rätt uppfattning av dessa uppgifter torde det vidare böra framhållas, att draggningarna från motorbåt väsentligen bedrevos med skrapa eller en mindre trål samt Östergrens medhåv; under expeditionerna med »Skagerak» har i det övervägande antalet fall en större skraptrål kommit till användning för fångst av bottenorganismer, varjämte å varje station drag gjorts såväl med Östergrens medhåv som med scherbrutnetz å så vitt möjligt två à tre olika djup, oftast även med sådant skummande bottnen. I enstaka fall har en vanlig fisktrål samt Petersens ottertrål använts. Det är uppenbart, att stationernas antal är större än vad som med hänsyn till djup och bottenbeskaffenhet strängt taget krävs. Men, så måste fallet bli, då de första rekognoseringarna avsågo att sprida klarhet över just dessa förhållanden. Då det visat sig, att antalet utan olägenhet kunde nedbringas, har detta också skett. Att den gamla numreringen ändock kvarstår, härrör av rent praktiska etiketteringsskäl. Vid den senaste expeditionen med »Skagerak» undersöktes på fullt likformigt sätt stationerna 12 och 13, 10 och 15, 18 och 20, 25, 28 a, 31, 36, 35 och 37, 38, 39, 41, 42, 44, 46 samt 49. I framtiden torde säkerligen en undersökning i denna omfattning med tillägg av ett par grundvattensstationer å svenska sidan norr om Landskrona komma att visa sig tillfyllest.

Beträffande förteckningen över de erhållna arterna, vilken nedan meddelas, må anmärkas, att de däri för varje station lämnade uppgifterna å antalet exemplar *endast* avse att giva ett *allmänt intryck* av ifrågavarande arts frekvens inom stationsområdet. Givetvis beror denna i avsevärd mån av det sätt, varå stationens under-

[1] Av »Skagerak» undersökta stationer äro i förteckningen utmärkta med S.

sökning försiggått (redskap och sorteringens noggrannhet); men av flera skäl är jag dock benägen förmena, att dessa tal i de flesta fall kunna läggas till grund för ett omdöme, huruvida en form är allmän eller sällsynt inom ett visst område, och längre torde man ej kunna komma på denna väg. Av större former ha nämligen vid fångstens sortering alltid av de här behandlade grupperna samtliga individer konserverats; endast vid mycket allmänna arter har avvikelse från denna regel ägt rum (ex. *Crangon crangon*, *Carcinus moenas*, *Eupagurus bernhardus*), varvid dock anteckning om talrikheten städse gjorts i journalen. Därjämte ha mindre djur insamlats på så sätt, att de rester, som stannat i sållen, i deras helhet tillvaratagits och sorterats under lupp först å Institutionen i Lund. Likaså har innehållet i scherbrutnetz och medhåv undergått sortering där efter föregången konservering i alkohol eller formalin. Genom iakttagande av nämnda försiktighetsmått har man sökt ge frekvensuppgifterna största möjliga noggrannhet.

II. Förteckning å de erhållna arterna.

Amphipoda.

1. Hyperia galba (Montagu.)

Syn.: H. latreillei Milne-Edw.

Allmän i hela området, förekommande pelagiskt under klockan av Aurelia och Cyanea.

Utbredning: Arten har en vidsträckt förekomst från arktiska regionen ned i atlantiska och når vid Azorerna sin sydgräns. Skagerack, Kattegat, Bälterna, Östersjön (Kielerbucht). Även angiven för norra delen av Stilla havet.

2. Hyperoche kröyeri Bovallius.

Syn.: H. lütkeni Bov.

St. 25 3 ex., st. 39 2 ex., st. 44 2 ex., st. 46 1 ex.

Bortsett från enstaka uppgifter i internationella havsforskningens planktonlistor finnes denna art ej angiven från våra havsområden. Inom Öresundsområdet har den under högsommaren (juli) erhållits söder ut till st. 25, på ett undantag alltid pelagiskt.

Utbredning: Arten är känd från olika delar av arktiska området, även O. Grönland till 77°31′; sydgränsen synes uppnås vid Brit. öarna.

3. Orchestia gammarellus (Pallas).

Syn.: O. littorea (Mont.).

Överallt bland tången å stranden.

Utbredning: Östersjön, i varje fall till Bornholm, Kattegatt, Skagerack; Norge s. om Trondhjemsfjord; längs Europas kust till Madeira och Azorerna; Medelhavet och Svarta havet. Är således boreal och atlantisk-mediterran. — S. Stilla oceanen (tvivelaktig enl. Stebbing).

4. **Hippomedon denticulatus** (Sp. Bate).

St. 42 1 ex., st. 46 1 ex.

Denna från Skagerack och Kattegatt i norra St. Bält och Öresund inträngande form har jag erhållit söderut mellan Ven och Hälsingborg, enstaka, å 26—40 m., vilket synes överensstämma med förhållandena för dess förekomst inom Kattegatt.

Utbredning: Norge till Ostfinmarken, 6—20 f. (Sars, Norman 1902). Arten förekommer från boreoarktiska områden (SV. Grönland) längs Västeuropa och Brit. öarna till Medelhavet.

5. **Tryphosa nana** (Kröyer).

Syn.: Orchomenella ciliata (G. O. Sars.)

St. 18 och 20 1 ex., st. 25 1 ex.

Arten, som av Kröyer beskrivits efter exemplar från Hornbæk anges av Meinert från Skagerack och Kattegatt, »hvorfra den gaar op i Sundet». Den har där iakttagits i trakten av Landskrona, 25—52 m., lera med död Zostera.

Utbredning: Norges syd- och västkust; Brit. öarna; längs Västeuropa till Medelhavet och Adriatiska havet. En boreal och atlantisk-mediterran art.

6. **Tryphosites longipes** (Sp. Bate).

St. 46 1 ex.

Denna för Öresund nya art, som endast observerats å st. 46, lerbotten, 31—40 m., har förut erhållits i Skagerack samt mellersta och östra Kattegatt.

Utbredningen är vidsträckt, från Ostfinmarken längs Brit. öarna och Västeuropa ned i Medelhavet. Arten är känd från 16—1210 m.

7. **Tmetonyx gulosus** (Kröyer).

Syn: Hoplonyx cicada (Fabr.).

St. 46 1 ex.

Arten angives icke av Meinert, men av Bruzelius för Bohuslän. Endast anträffad i 1 ex., Öretvisten vid Sofiero, 31—40 m., lerbotten.

Utbredning: Norge »den allmännaste Lysianassiden», 20—200 f. (Sars). Arten har inom arktiska hav en synnerligen vidsträckt utbredning, omfattande även O. Grönland till 75°59′ och Grinnel land, men når söderut Medelhavet och Adriatiska havet; Azorerna. (Se vidare Stappers).

8. **Bathyporeia pilosa** Lindström.

St. 41 220 ex., st. 49 1 ex.

I våra hav är arten en vitt utbredd grundvattensform, känd bl. a. från Kattegatt, varifrån den genom Sundet och Bälterna går långt in i Östersjön (Gotland, varifrån den beskrivits av Lindström). Den är i Öresund allmän inom littoralregionens undre delar å sandbotten med eller utan vegetation.

Utbredning: På grund av den hoprörda systematiken kan utöver ovan lämnade uppgifter endast anges Norge: Kristianiafjorden, 1—3 f., sand. (G. O. Sars) samt möjligen Nordsjön: Doggersbank m. fl. ställen (Metzger).

9. **Argissa hamatipes** (Norman).

Syn.: A. typica Boeck.
Chimæropsis danica Mein.

St. 46 1 ex., st. 52 5 ex.

Under namn av *Chimæropsis danica* beskrev Meinert hannen av denna art efter ett ex., som erhållits i trakten av Anholt. Eljes är om dess förekomst i våra hav intet bekant. I Öresund träffas den i varje fall inom norra delen å djupare ställen, 23—40 m., mer eller mindre ren slikbotten.

Utbredning: Norge, Kristianiafjorden till Vadsö, 20—100 f.; Grönland (utan närmare uppgift). Utbredningsområdet når söderut Brit. öarna och Kanalen (Normanniska öarna). Arten är sålunda en boreoarktisk och boreal form, som något överskrider sydgränsen för den boreala regionen.

10. **Phoxocephalus holbölli** (Kröyer).

St. 33 1 ex., st. 38 7 ex., st. 41 8 ex., st. 42 5 ex., st. 44 1 ex., st. 46 20 ex.

Redan Meinert fastslår, att denna art förekommer överallt i de danska farvattnen, genom Öresund och Bälterna in i Östersjön till Christiansö, mindre allmänt i norra Kattegatt, men även eljes ej i större antal. I Öresund synes den ej vara sällsynt, och uppträder den där framförallt vid ett djup av omkring 20 m., sandblandad eller ren lera. Söder om Ven är arten icke iakttagen.

Utbredning: Bohuslän; Norge, Finmarken i stor mängd, 20—50 f., vid väst- och sydkusten till Kristianiafjorden sällsyntare. G. O. Sars rubricerar arten som »a genuine arctic form». Den har också en vidsträckt utbredning inom arktiska och boreoarktiska regionen: Labrador, V. Grönland (68°9'), Jan Mayen, Spetsbergen. Men samtidigt uppträder den långt söderut och når såvitt bekant sin sydgräns vid Frankrike och Brit. öarna, (Skottlands ost- och västkust, söderut till Firth of Forth och

Firth of Clyde), inom Västatlanten vid 43°—44° n. br. (Casco Bay). Arten är således en arktisk och boreal form, som i sin utbredning i viss mån erinrar om *Diastylis rathkii*, ehuru denna förekommer under mera högarktiska förhållanden, t. ex. O. Grönland. Särskilt inom våra hav är överensstämmelsen påfallande. Båda ha en kontinuerlig utbredning mot norr, från Östersjön (åtminstone Bornholmstrakten) genom Bälterna, båda visa möjligen en frekvensminskning inom delar av Kattegattområdet. Hur förhållandena i detta hänseende gestalta sig för norska kustens vidkommande är ej så lätt att avgöra. Men av Sars' lokaluppgifter vill det synas som om *Phoxocephalus holbölli* uppvisade en liknande frekvensreducering vid det boreala Norge. I sydgränsen överensstämmer *Phoxocephalus holbölli* ävenledes ganska nära med *Diastylis rathkii*.

11. **Harpinia antennaria** Meinert.

Syn.: H. plumosa (Kr.) (part.)
H. neglecta G. O. Sars.

St. 46 2 ex., st. 52 50 ex.

Av Meinert anges jämte den nybeskrivna *H. antennaria*, som erhållits å tre ej närmare anförda lokaler i Kattegatt, även den arktiska *H. plumosa* (Kr.) såsom förekommande »oftest kun enkeltvis» från norra Kattegatt samt vidare genom Samsöbält till väster om Asnæs flak. Denna senare är emellertid, som Sars framhållit, identisk, icke med Kröyers *H. plumosa*, utan med *H. antennaria*, vilken Sars nybeskriver som *H. neglecta*.

Arten har iakttagits dels i Öretvisten, Sofiero, dels väster om Kullen talrikt, 23—40 m., botten av ren eller sandblandad lera.

Utbredning: Bohuslän (Bruzelius); Norge, till Vadsö den allmännaste av släktets arter, 30—150 f. Arten når utmed Brit. öarna och Frankrike in i Medelhavet (teste Reibisch) och är således övervägande boreal och atlantisk-mediterran.

12. **Harpinia crenulata** Boeck.

St. 51 1 ex.

Arten anges av Meinert från några lokaler i Skagerack och Kattegatt, söderut till mellan Anholt och Gilleleje, anträffad i enstaka ex. Det enda ex. jag sett av denna lätt igenkänliga form erhölls i norra delen av Öresund, väster om Viken, 25 m., lerbotten.

Utbredning: Norge, tills. m. föreg., syd- och västkusten samt Tromsö; längs Brit. öarna och Frankrike ned i Biskayabukten, 950 m., (Stebbing); Medelhavet, (Chevreux 1900). Arten är således boreal och atlantisk-mediterran.

13. Ampelisca tenuicornis Lilljeborg.

Syn: A. lævigata Sp. Bate.

St. 48 1 ex., st. 51 25 ex., st. 52 40 ex.

Det är endast från våra nordligaste stationer, som denna från Kullabergstrakten beskrivna art erhållits å slikbotten, 20—25 m. Bruzelius anger den från Bohuslän och Meinert för Skagerack och hela Kattegatt (»spredt og enkeltvis») till Hellebæk i Öresund och Mellemdybet i St. Bält. Att döma av den talrikhet, vari arten förekommer tillsammans med *A. brevicornis* och i all synnerhet med *A. macrocephala* inom den nordligaste delen av det undersökta området, är det ju icke uteslutet, att den skall komma att visa sig vara en allmän form, liksom fallet är vid norska kusten, åtminstone upp till Trondhjemsfjorden (30—100 f.).

Utbredning: Utom i ovan angivna områden förekommer arten längs Europas västkust (Brit. öarna; Nordsjön, 38—104 m., Sokolowsky, Reibisch), söderut till Cape Finisterre, och är således en sublittoral, boreal och atlantisk form.

14. Ampelisca brevicornis (Costa).

Syn.: A. lævigata Lillj.

St. 5 1 ex., st. 33 8 ex., st. 38 2 ex., st. 39 1 ex., st. 41 7 ex., st. 42 1 ex., st. 46 1 ex., st. 52 3 ex.

Såväl denna som följande art synes mig ur djurgeografisk synpunkt erbjuda ett visst intresse. Som framgår av ovanstående förteckning anträffas *A. brevicornis* över hela det undersökta området, söderut regelbundet i varje fall till Ven. I allmänhet ligga fyndlokalerna icke grundare än 20 m., botten av sand eller slik, i regel något djupare, ehuru arten tvivelsutan icke är så djupgående som följande. Anmärkas bör, att den synes uppträda mera enstaka än *A. macrocephala.*

Utbredning: Meinert uppger, att arten i själva Kattegatt är mera utbredd än *A. macrocephala*, liksom den också går längre upp i Sundet, till Taarbæk, och i Stora Bält till Mellemdybet; Bohuslän; Norge, söder om Lofoten (20—60 f.). Längs Europas och Afrikas västkust till Senegambien; Medelhavet. Arten är således en atlantisk-mediterran och boreal form.

15. Ampelisca macrocephala Lilljeborg.

St. 25 10 ex., st. 29 2 ex., st. 31 6 ex., st. 33 1 ex., st. 34 2 ex., st. 35 1 ex., st. 37 1 ex., st. 38 1 ex., st. 39 2 ex., st. 42 23 ex., st. 46 8 ex., st. 49 4 ex., st. 50 14 ex., st. 51 38 ex., st. 52 20 ex., st. 53 4 ex.

Lönnberg omnämner (1898) att »en ljusröd amfipod med röda ögon erhölls i skrapan ganska ofta ute på djupet» och det är tämligen sannolikt att den åsyftade formen är *A. macrocephala*, vilken inom stora delar av området är karak-

tärsdjur. Eljes synes arten, som enligt MEINERT erhållits i Skagerack, östra Kattegatt och därifrån genom Bälterna ett gott stycke, ej vara känd från Sundet söder om Hellebæk. Inom det nämnda området anges den i regel förekomma å över 10 f:s djup, ej sällan 44—50 eller 70 f.; slik eller sandblandad slik. Det tilllägges: »den forekommer ikke sjeldent i smaa Selskaber».

Genom våra undersökningar har det framgått, att *A. macrocephala* är utbredd över hela området norr om Landskrona, och att den där otvivelaktigt är allmännare än *A. brevicornis*. Det är likaledes uppenbart, att den förra arten föredrar de större djupen med ler- eller sandbotten. Där synes den bilda betydande samhällen. BLEGVAD anför sålunda ett boniteringsresultat å 1,000 individer pr m^2. Den har icke erhållits å grundare vatten än 20 m.; st. 25, där arten anträffats i störst antal i södra delen av Sundet, är den djupaste inom området, 32—52 m.; även st. 42 håller ganska betydande djup, 22—35 m. Påtagligt är att *A. brevicornis* föredrar mindre djup och möjligen mera sandblandad botten. Man träffar sålunda icke ofta de bägge arterna i samma prov eller i samma proportion. Så gav t. ex. st. 33 8 *brevicornis*, 1 *macrocephala*, st. 42 1 *brevicornis*, 23 *macrocephala* o. s. v.

Utbredningen är vidsträckt såväl inom arktiska som boreala zonen. Arten finns även vid N. Spetsbergen och NO. Grönland; från Labrador söder ut åtminstone till Casco Bay. Inom Ostatlanten uppträder den vid Norges hela kust, Bohuslän och når vid Brit. öarna (Man och söder om Irland) sin sydgräns. Arten är således en övervägande arktisk och boreal form.

16. Byblis gaimardii (KRÖYER).

St. 25 1 ex., st. 29 2 ex., st. 31 18 ex., st. 34 4 ex., st. 35 och 37 4 ex., st. 37 1 ex., st. 39 7 ex., st. 42 1 ex., st. 49 5 ex., st. 50 6 ex., st. 51 8 ex., st. 52 4 ex.

Arten anföres av BRUZELIUS för Gullmarfjorden, 40—60 f., och av MEINERT för Skagerack, östra Kattegatt samt St. Bält till Romsö. Den karaktäriseras som en av våra mest utpräglade djupformer, oftast förekommande på 30 f:s djup, slik eller sandblandad slik. Arten synes ej förut vara iakttagen inom Sundet. Den sammanfaller ifråga om utbredningen där nära med *Ampelisca macrocephala* och *Haploops tubicola*. Liksom dessa arter går den ej ovanför 20-meterskurvan och anträffas så gott som uteslutande å slikbotten, där den, som förteckningen ger vid handen, är en konstant och ganska allmän form, som inom området når sin sydgräns vid Landskrona—Vedbæklinjen.

Utbredning: SARS rubricerar den vid hela Norges kust förekommande arten som »a genuine arctic form». Den har också en vidsträckt utbredning inom skilda delar av det arktiska och boreoarktiska området: V. Grönland upp till 77° 30′, N. Spetsbergen, Sibiriska ishavet, men uppträder även inom hela boreala regionen, t. ex. Nordsjön, Brit. öarna (Firth of Forth, Firth of Clyde), ävensom vid Nordamerika, där den förekommer söderut åtminstone till Fundy Bay. Äldre uppgifter av HELLER och COSTA om förekomst i Adriatiska havet och Medelhavet betvivlas på goda grun-

der av Sars och ha heller icke återgivits av Stappers i hans utförliga lokalförteckning (s. 26). Arten är sålunda en arktisk (ej högarktisk) och boreal, sublittoral form.

17. Haploops tubicola Lilljeborg.

Syn.: Ampelisca eschrichti (Lillj.).
H. carinata (Lillj.).

St. 29 1 ex., st. 31 9 ex., st. 34 4 ex., st. 35 och 37 20 ex., st. 38 5 ex., st. 39 420 ex., st. 42 12 ex., st. 46 95 ex., st. 49 110 ex., st. 50 50 ex., st. 51 100 ex., st. 52 25 ex., st. 53 a 1 ex.

Det är ägnat att verka i någon mån överraskande, att denna art ej av Lönnberg (1898) anmärkts för Öresundsområdet. Den är nämligen en av de avgjort mest karaktäristiska av de där inom sublittoralregionen förekommande formerna och upphov till den bottenformation, som Lönnberg rubricerar som »lera med maskrör» [1].

En blick på lokalförteckningen ger vid handen, att *Haploops tubicola* i sin utbredning nära överensstämmer med de bägge föregående ampeliscidema, ehuru den är kvantitativt långt starkare representerad. Ingen amfipod och, med undantag av *Michtheimysis mixta* och möjligen *Diastylis rathkii*, ingen krustacé uppträder nämligen i så stor mängd å de djupare lokalerna med slikbotten. C. G. Joh. Petersen har förträffligt karaktäriserat dessa områdens fauna genom rubriken *Haploops*-samhället. Dettas utbredning har Petersen (1913 s. 8) endast preliminärt fastställt till södra Kattegatt (början de nordost om Anholt, upphörande söderut ungefär tvärs Höganäs). Bruzelius konstaterade artens allmänna förekomst vid Bohuslän och Lilljeborgs typex. stamma från Kullen; Meinert anför *H. tubicola* (incl. *H. carinata*) från Skagerack, östra Kattegatt samt Öresund flerestädes massvis till mellan Ven och Taarbæk och St. Bält till Sprogö. *Haploops*-samhällets utbredning i Öresund var föremål för noggrann uppmärksamhet under juli-undersökningarna förra året. På grundvalen härav samt tidigare samlingar kunna följande stationer rubriceras som rikligt *Haploops*-förande: 49, 46, 39, 35 och 37 (fattigare). Ännu å st. 31 kunna Haploopsrören sägas vara tydligt karaktäriserande. Enbart i ett enda tråldrag å st. 39 samlades 350 individer. Arten uppträder således i massa å de utanför 20-meterskurvan liggande lokalerna norr om linjen Landskrona—Ven (Haken), söder härom enstaka. Att den t. ex. saknas å st. 25, där eljes ett stort antal av de längre norrut förekommande formerna träffas, beror säkerligen på den där försiggående anhopningen av död Zostera, som täcker leran och på så sätt omintetgör djurets byggnadsverksamhet.

---

[1] Sedermera (1903 s. 50) har Lönnberg modifierat detta i sin första Öresundsavhandling framställda uppfattningssätt, i det han för arten ifråga anmärker, att den är synnerligen karaktäristisk för den lösa lergyttjan med maskrör, (»bland hvilka även torde ingå dess egna rör»).

Utbredning: Norge, 20—100 f.; Sibiriska ishavet; V. och N. Spetsbergen; V. och O. Grönland (74°17'), Arktiska Amerika. Sydgränsen nås inom Ostatlanten vid Brit. öarnas ost- och västkust samt Bretagne[1]. Arten har således en vidsträckt utbredning från högarktiska områden ned uti den boreala och boreoatlantiska regionen. En av SARS anförd uppgift om förekomst i Östersjön har jag ej kunnat få verifierad; den förefaller osannolik i betraktande av artens utbredning inom Öresund och Stora Bält.

18. Amphilochus manudens SP. BATE.

Syn.: A. boeckii Mein.
A. concinnus Stebb.

St. 42 1 ex.

Denna av MEINERT från sydvästra Kattegatt och St. Bält angivna art har jag endast iakttagit i 1 ex., erhållet mellan Hälsingborg och Ven, 23—35 m., sandbotten.

Utbredning: Norge till Vadsö, 40—100 f.; V. Grönland (66°30') och arktiska Amerika. Sydgränsen nås vid Brit. öarna och Frankrikes västkust. Arten intränger således från boreoarktiska och boreala områden i rent atlantiska och är väsentligen inskränkt till sublittoralregionen, där den enligt SARS uppehåller sig bland hydroider och koraller.

19. Amphilochoides boeckii G. O. SARS.

St. 25 1 ex., st. 46 4 ex., st. 50 1 ex.

Denna av SARS beskrivna art torde förekomma i hela området norr om Landskrona—Vedbæklinjen å de djupare lokalerna, 26—52 m., lerbotten.

Utbredning: Norge, Kristianiafjord till Trondhjemsfjord; sannolikt en boreal form, som föredrar större djup, 50—150 f. (SARS).

20. Amphilochoides odontonyx (BOECK).

St. 46 2 ex., st. 52 1 ex.

Arten anges av MEINERT från Skagerack och norra Kattegatt. Jag har iakttagit den från st. 46, där den erhållits tillsammans med föreg. samt från st. 52, 23—25 m., sandblandad lera.

Utbredning: Norge, Kristianiafjorden och Ostfinmarken (sällsynt), 20—60 f.; sydgränsen ligger vid Brit. öarna (Liverpool Bay, STEBBING). Arten är således boreal.

[1] DELLA VALLE anför arten även från Medelhavet, ehuru det härvid rör sig om en närstående art, *H. dellavallei* (STEBBING).

21. Metopa sölsbergi SCHNEIDER.

St. 25 1 ex., St. 35 och 37 100 ex., st. 41*[1] 1 ex., st. 42 10 ex., st. 49 3 ex., st. 50 1 ex.

Av MEINERT angivas *Metopa alderi* SP. BATE och *M. rubrovittata* SARS från Kattegatt, den förstnämnda även från Sundet och Bälterna. Det har icke lyckats mig att återfinna dessa arter, medan däremot *M. sölsbergi* anträffats å ett flertal stationer, somligstädes i mycket betydande antal, st. 35 och 37, 30—36 m., lerbotten. Den är inskränkt till området norr om Ven å djup överstigande 20 m. och synes föredra lerbotten.

Utbredning: Förutom SCHNEIDERS fynd av arten i Tromsötrakten kännes endast ett enstaka ex. från Hardangerfjord.

22. Monoculodes packardi BOECK.

St. 25 6 ex., st. 31 2 ex., st. 35 och 37 1 ex., st. 37 2 ex.

Denna art är tidigare ej känd från våra havsområden. Den förekommer regelbundet, ehuru ej talrikt, norr om linjen Landskrona—Vedbæk å de djupare lokalerna, 23—50 m., lerbotten.

Utbredning: Norge, Kristianiafjord till Vadsö, (G. O. SARS »rather commonly», 10—100 f.); Karahavet, 90 m. (STAPPERS); Brit. öarna (Firth of Clyde). Således en väsentligen boreal art, nående in å boreoarktiskt område.

23. Perioculodes longimanus (SP. BATE).

Syn.: Monoculodes grubei Boeck.

St. 25 1 ex., st. 42 1 ex., st. 46 2 ex., st. 49 1 ex., st. 52 20 ex.

MEINERT anger som gräns för denna även från Skagerack kända form dels i Kattegatt Anholt, dels Samsö- och Tunöbält. Här liksom vid Norge förekommer arten å grunt vatten och sandbotten, 9—2 f. Då sandbotten är tillfinnandes å eller i närheten av de lokaler i Öresund, där den erhållits, är det sannolikt, att villkoren i detta hänseende äro enahanda. Däremot har det icke lyckats att påvisa arten inom det baltiska vattnets område, utan först under 20-metersgränsen; ej heller har den erhållits söder om Landskrona—Vedbæk.

Utbredning: Norge, syd- och västkusten till Lofoten, tillfälligtvis även vid Finmarken (Hasvig); Brit. öarna; längs Europas västkust till Azorerna; Medelhavet. Arten är således boreal och atlantisk-mediterran.

---

[1] *anger plankt. förekomst.

24. Kröyera altamarina Sp. Bate.

St. 42 1 ex.

I Meinerts förteckning uppföres *Pontocrates norvegicus* Boeck (= *P. arenarius* Bate), anträffad en gång i sydöstra Kattegatt. Den närbesläktade arten *K. altamarina* har jag iakttagit endast å st. 42, 23—35 m., sandbotten.

Utbredning: Norge, Skudesnes, 20 f., sandbotten; Nordsjön; Brit. öarna (Shetland); Frankrike; sannolikt även Medelhavet (Reibisch s. 183). Arten är således förhanden inom boreala och atlantisk-mediterrana regionen.

25. Synchelidium tenuimanum Norman.

Syn.: Pontocrates haplocheles (Grube), part.

St. 52 1 ex.

Synonymien för denna art är intrasslad. Stebbing identifierar *Kröyeria haplocheles* Grube och *K. brevicarpum* Sp. Bate, med prioritet för det förstnämnda artnamnet. Den av Boeck som *Pontocrates haplocheles* (Grube) beskrivna är emellertid ej denna, utan *S. tenuimanum* Norman, vilket namn alltså bör tillkomma här föreliggande art.

Arten, som förut erhållits vid Anholt och Hesselön, 7½—17 f., sand och sandblandad slik (Meinert), har endast iakttagits å en av våra nordligaste stationer, 23—25 m., sandblandad lera.

Utbredning: Norge, västkusten upp till Trondhjemsfjord (»true deep-water form», 50—300 f., G. O. Sars).

26. Westwoodilla hyalina Sp. Bate.

Syn.: Halimedon mülleri Boeck.
W. caecula Sp. Bate.

Över nomenklatur se Reibisch 1913—14 s. 184—185.

St. 25 2 ex., st. 31 1 ex., st. 42 3 ex., st. 46 18 ex., st. 49 1 ex., st. 50 4 ex., st. 51 25 ex., st. 52 400 ex., st. 53 2 ex., st. 53 a 2 ex.

Arten går från Skagerack och östra Kattegatt in i Sundet till Landskrona—Vedbæklinjen. Den förekommer å djup överstigande 20 m., sand- och lerbotten, en gång, st. 52, synnerligen talrikt (scherbrutnetz skummande bottnen), möjligen antydande förkärlek för sandbotten.

Utbredning: Norges syd- och västkust, 20—50 f., upp till Trondhjemsfjorden allmän; mindre allmän vid Väst- och Ostfinmarken (SARS). Västgrönland till 69°14′, 25—215 f.; Nordsjön, Brit. öarna; sydgräns vid Frankrikes västkust. Arten intränger sålunda från arktiska och boreoarktiska i atlantiska regionen.

27. Iphimedia obesa RATHKE.

St. 31 2 ex., st. 39 1 ex., st. 46 3 ex., st. 49 5 ex., st. 50 12 ex., st. 51 2 ex., st. 52 13 ex., st. 53 a 1 ex.

Denna art har ej förut anmärkts för Öresund. Den angives av MEINERT för Läsöområdet och av BRUZELIUS som sällsynt vid Bohuslän. I Öresund är den visserligen icke allmän, men regelbundet förekommande söderut till Ven, å större djup, 23—40 m., mer eller mindre ren slikbotten samt bland alger.

Utbredning: Norge till Lofoten, 6—30 f., enstaka vid Finmarken (Hammerfest); Brit. öarna. Längs Europas kust åtminstone till Frankrikes västkust; Medelhavet (CHEVREUX). Således en boreal och atlantisk-mediterran form, som synes normalt bunden till littoralregionens vegetationsområden (SARS); i Nordsjön och Medelhavet djupare, ned till 170 m.

28. Iphimedia minuta G. O. SARS.

Syn.: I. obesa Rtk., part.

St. 46 1 ex., st. 52 2 ex.

Av MEINERT föres denna art samman med *I. obesa.* Otvivelaktigt föreligga här tydligt skilda former, som SARS uppvisar, och STEBBING hänför dem t. o. m. till skilda släkten, varvid *I. minuta* tillsammans med den atlantiska *I. eblanæ* (BATE) bilda släktet *Panoplæa*, en åtgärd, som dock icke synes mig berättigad.

Ehuru jag iakttagit arten sällsynt endast å ett par nordliga stationer, är det rimligt att dess utbredning sammanfaller med föreg. Härpå tyder också MEINERTS uppgift, att »navnlig den mindre form, *Iph. minuta*, gaar midtvejs i Kattegat op forbi Anholt.»

Utbredningen visar hän på en något sydligare form. Norges syd- och västkust; Brit. öarna; sydgränsen i Medelhavet och vid Senegambien.

29. Apherusa bispinosa (SP. BATE).

Syn.: Paramphitoe elegans Bruz.

St. 46 2 ex., st. 52 5 ex.

Arten, är en grundvattensform, som framförallt uppehåller sig å algbotten; den har en vidsträckt utbredning i våra havsgebit, Skagerack vid bohusländska kusten,

Kattegatt, ned genom Bälterna och in i Östersjön till Kielerbukten (Möbius, Blanc). I Öresund, där den icke tidigare anträffats, har den erhållits endast längst norrut samt i Öretvisten, 31—40 m., lerbotten och alger. Möjligt är (på grund av Meinerts iakttagelser sannolikt) att arten är att hänföra till de västra Kattegatt karaktäriserande littoralformerna, som undvika Sundet.

Utbredning: Norge till Ostfinmarken; NO. Grönland (Stephensen); längs Brit. öarna och Västeuropa till Kanarieöarne; Medelhavet (Chevreux och Sars). Arten är sålunda utbredd från arktiska områden ned i atlantisk-mediterrana.

30. **Calliopius rathkei** (Zaddach).

Syn.: C. læviusculus (Kr.), part.

St. 12 och 13 1 ex., st. 10 och 15* 1 ex., st. 18 och 20* 2 ex., st. 24 1 ex., st. 27 1 ex., st. 38 1 ex., st. 42* 1 ex.

Denna utpräglade littoralform förekommer regelbundet tills. m. *Gammarus locusta* å vegetationsklädd botten, ofta även bland drivande Zostera i ytan. Den anträffas sällan å djupare vatten än 20 m.

Utbredning: Skagerack, Kattegatt, Östersjön (till Bottniska viken). Från Norge (Tromsö) till Frankrike; V. Grönland (Disko); Nordamerikas ostkust (New England). Arten är således en littoralform med övervägande boreal utbredning.

31. **Paratylus swammerdami** (Milne Edwards).

Syn.: Paramphitoe compressa (Lillj.)

St. 41 2 ex.

Arten har anträffats endast vid ett tillfälle i nedre littoralregionen bland alger å st. 41, 20 m. Då den i Kattegatt är en av de allmännaste, är det möjligt, att den i Sundet har en större utbredning, men då den därjämte saknas i L. Bält samt större delen av St. Bält, kan den säkerligen ej gå söder om Ven. Av Bruzelius angives utbredningen: sparsamt längs västra kusten ned till Kullen».

Utbredning: Norge från Ostfinmarken, 3—20 f.; Brit. öarna; längs Västeuropa till Azorerna; Medelhavet (Algier och Neapel). Arten är således en väsentligen boreal och atlantisk-mediterran littoralform.

32. **Melphidippella macra** (Norman).

Syn.: Melphidippa longipes Boeck.

St. 31 1 ex., st. 46 4 ex., st. 50 1 ex., st. 52 25 ex.

Inom området norr om Ven träffas arten å lerbotten, 23—40 m., i regel icke allmänt. Meinert känner den endast från trakten kring Anholt, där den erhållits enstaka.

Utbredning: Norges syd- och västkust, 6—30 f.; Brit. öarna, även sydkusten; Frankrikes västkust (Yeu, teste Reibisch). Arten intränger sålunda från boreala i atlantiska regionen.

33. **Gammarellus homari** (J. C. Fabricius).

Syn.: Gammarus sabini Leach.

St. 36 2 ex., st. 38 3 ex., st. 41 4 ex., st. 46 1 ex.

Vid Bohuslän har jag haft tillfälle konstatera, hurusom denna art under vintern synes ha en rikare frekvens än under den varmare årstiden. Måhända ligger häri anledningen, varför jag i Sundet ej iakttagit arten mera allmänt, än vad som skett. Liksom följande är den strängt bunden till algregionen och saknas alldeles å ren lerbotten och större djup. Emellertid är det uteslutet, att den norr om Ven regelbundet anträffade arten skulle som konstant faunaelement nå in i området söder därom. Endast undantagsvis kan den gå ett stycke längre (Holländaredjupet Meinert). Den tränger visserligen genom Bälterna in i västligaste Östersjön, Kielerbukten, men är där ett av de sällsyntare djuren (Blanc).

Utbredning: Från Kullen till Bohuslän (Lilljeborg, Bruzelius); Norge till Ostfinmarken, grunt vatten bland alger; Murmankusten, Barents hav; däremot saknas den öster om Nowaja Semlja, ett förhållande, som redan betonas av Ohlin, senare av Stappers, och uppträder först vid Amerikas ostkust; O. och V. Grönland; Jan Mayen; N. Spetsbergen. Arten går söderut genom Nordsjön runt Brit. öarna, där den är en av de allmännaste amfipoderna (Walker), genom Kanalen till sydöstra Bretagne (Chevreux). Otvivelaktigt når *Gammarellus homari* sin rikaste utveckling inom arktiska området. Där, såväl som vid våra kuster, träffas den väsentligen inom algbältet. För antagande av circumpolaritet (se Stephensen Conspectus s. 199) saknas hållpunkter; snarare tala de föreliggande fakta för en västlig (atlantisk) utbredning. Från arktiska området tränger arten dock långt in i det boreala, men överskrider endast obetydligt denna regions sydgräns.

34. **Gammarellus angulosus** (Ratke).

St. 38 1 ex., st. 52 1 ex.

Arten förekommer tillsammans med föregående, möjligen något sparsammare. *Utbredning:* Från Kullen längs Skandinaviska halvön till Trondhjemsfjord (Lilljeborg, Bruzelius, Sars). Angives dessutom från Brit. öarna och Frankrike, men dessa lokaler betecknar Stebbing (på grund av tidigare hopslagning av *G. homari* och *angulosus*) som »doubtful». I varje fall synes arten vara boreal och icke arktisk.

35. **Gammarus locusta** (Linné).

Trots noggrann granskning av ett mycket betydande material har det icke varit mig möjligt att inom området konstatera någon annan art av släktet än ovanstående. Arten är emellertid synnerligen variabel, och en sådan karaktär som sista uropodparets utseende, varå bl. a. skillnaden från *G. marinus* bygges, företer å olika utvecklingsstadier mycket växlande utseende.

Arten är otvivelaktigt den allmännaste inom hela området, uppträdande från vattenbrynet ned till littoralregionens undre delar. Och varhelst en knippa Zostera driver i ytan, kan man vara förvissad att träffa fastklamrade individer, särskilt yngre, varför de också utgöra en konstant ingrediens i planktonredskapens fångst.

Utbredning: Gammarus locusta är en av de mest utbredda amfipoderna, i högsta grad euryhalin och euryterm. Från arktiska området, där den praktiskt taget är circumpolär, går den långt sydvart såväl i Atlanten som i Stilla Oceanen. Följande Europas västkust når den söderut Kanarieöarna, går in i Medelhavet och anges även från Svarta havet. I Östersjön tränger den upp till Bottniska viken.

36. **Melita palmata** (Montagu).

Barsebäck, norr om hamnen, 1 ex., st. 5 1 ex., st. 24 3 ex., st. 25 3 ex., st. 26 a 1 ex.

Meinert anger denna art som sällsynt i norra Kattegatt. Först i södra Kattegatt, Sundet och St. Bält blir den allmännare och går därifrån in i Östersjön, åtminstone till Danzigerbucht (Zaddach). Arten är en mjukbottenform, som väsentligen förekommer inom littoralregionen; någon gång djupare (st. 25).

Utbredning: Norge, Kristianiafjorden, där den synes ha sin nordgräns; Brit. öarna; längs Europas västkust går den söderut till Kanarieöarna och Afrikas västkust

(CHEVREUX); Medelhavet och Adriatiska havet. Arten är således boreal och atlantisk-mediterran [1].

37. **Melita obtusata** (MONTAGU).

Syn.: Gammarus maculatus Lillj.

St. 25 11 ex., st. 39 7 ex., st. 45 1 ex., st. 46 1 ex., st. 51 16 ex., st. 53 a 4 ex.

Denna art, om vilken MEINERT anger, att den »sandsynligvis snylter paa Asterias», går genom Skagerack och Kattegatt, där den uppträder spridd över hela området, ned i Öresund, »sparsomt», Issefjord och St. Bält. I Öresund, där den är en icke sällsynt form å de större djupen, växlande botten, — den ersätter här föregående art — når arten sin sydgräns vid Landskrona—Vedbæklinjen.

Utbredning: Bohuslän (BRUZELIUS); Norges syd- och västkust; Brit. öarna; längs Västeuropa till Azorerna och Afrikas västkust (CHEVREUX). Arten är således en boreal och atlantisk form, som förekommer under växlande djup- och bottenförhållanden (0—180 m., oftast 10—30 m., REIBISCH).

38. **Melita dentata** (KRÖYER).

St. 46 1 ex., st. 51 2 ex., st. 52 9 ex., st. 53 a 1 ex.

MEINERT anger denna art från södra Kattegatt, norra Öresund, Samsöbält och St. Bält (»spredt og enkeltvis»). Arten är en djupform, som icke förekommer å mindre djup än 23 m. och föredrar mjuk botten; den går i Sundet åtminstone ned mot Hälsingborg, sannolikt till Ven.

Utbredning: Bohuslän, Gullmarfjorden, 40—60 f. (BRUZELIUS); Norge från Karmö norrut till Ostfinmarken, 10—50 f.; Barents hav, Vita havet; Spetsbergen; V. Grönland (till 77°30′); Amerikas ostkust, från Labrador till New Scotland; västkusten; Puget Sound (WALKER). Sydgränsen nås i Nordsjön och vid Brit. öarna. Arten är sålunda en arktisk och boreal form.

39. **Mæra lovéni** (BRUZELIUS).

St. 15 el. 18 2 ex., st. 29 1 ex., st. 31 4 ex., st. 35 och 37 2 ex., st. 38 1 ex., st. 39 3 ex., st. 51 1 ex.

Denna art, som av MEINERT uppges förekomma i östra Kattegatt (»spredt og enkeltvis») söderut till Hellebæk, och som av LÖNNBERG erhållits ungefär vid vår

[1] Såväl MEINERT som SARS angiva arten för Bohuslän, åtminstone den senare med BRUZELIUS som källa. Detta torde bero på något förbiseende, då B. uttryckligen (s. 57) säger: »Denna art har hittills icke blivit anträffad på något annat ställe vid våra kuster än uti Öresund.» ZADDACH betraktar Öresund som en del av Bottniska viken! (s. 35).

st. 25, 45—50 m., uppträder inom hela det av salt bottenvatten täckta området å slikbotten regelbundet till Ven, i enstaka ex. ännu förbi Landskrona (st. 15 el. 18).

Utbredning: Bohuslän, 40—60 f. Eget nog har SARS ej iakttagit den vid Norge; den anges emellertid från Christiansund (BOECK) samt Tromsö (SCHNEIDER). Västgrönland, Disko, 260 f.; Västspetsbergen, 87 m.; Skottland. LÖNNBERG betecknar arten som en »komponent af rent högnordisk natur.» Avser detta uttryck — annorlunda kan det väl svårligen tolkas — att rubricera *Mæra lovéni* som en högarktisk form, kan jag ej medge dess fulla giltighet. Från det arktiska området har man mig veterligt endast H. J. HANSENS fynd från djupare vattenlager vid Disko samt GOËS' från Västspetsbergen; däremot saknas den, så vitt man vet, såväl vid Ostgrönland som vid andra utpräglat arktiska kuster. Då därtill kommer att arten uppträder också inom Nordsjöområdet (Skottland), är det riktigare att betrakta den som boreal och arktisk.

40. **Cheirocratus sundewalli** (RATHKE).

Syn.: Ch. brevicornis Hoek.

St. 38 2 ex., st. 52 22 ex.

MEINERT anger arten från olika delar av Kattegatt upp i Sundet. Otvivelaktigt är den där allmänt utbredd inom undre littoral- och övre sublittoralregionen, men överskrider svårligen Landskrona—Vedbækgränsen.

Utbredning: Östersjön: Kielerbucht (BLANC); Bohuslän, allmän; Norge, 3—50 f., norrut till Lofoten; längs Brit. öarna och Västeuropa; Medelhavet (Neapel och Konstantinopel). Arten är således boreal och atlantisk-mediterran, littoral och sublittoral.

41. **Microdeutopus gryllotalpa** COSTA.

Syn.: Autonoe grandimana Bruz.

St. 32 1 ex., st. 36 3 ex., st. 41 6 ex., st. 44 1 ex.

Ifrågavarande littoralform har en vidsträckt utbredning i våra hav. Redan LILLJEBORG konstaterade dess förekomst i Landskrona hamn, MEINERT anger den ända till Köpenhamn, BRUZELIUS från Bohuslän. Den finns också i Kielerbukten (BLANC). Bortsett från st. 44 har den städse anträffats på grunt vatten, sandbotten eller bland alger.

Utbredning: Norges syd- och västkust. Längs Europas västkust till Medelhavet och Adriatiska havet. Även Nordamerikas ostkust (teste STEBBING). Arten förekommer inom boreala och atlantisk-mediterrana regionen.

42. **Aora gracilis** Sp. Bate.

Syn.: A. typica Kr., teste Stebbing.
Autonoe punctata Bruz.

St. 52 11 ex., st. 53 a 2 ex.

Denna i Skagerack och Kattegatt allmänna art anges av Meinert förekomma »mere spredt» i Sundet på sandbotten till mellan Ven och Taarbæk. Jag har endast iakttagit den å de nordligaste stationerna, sandblandad lera och skalgrus, 23—28 m.

Utbredningen är vidsträckt. St. Bält; Norge, till Trondhjemsfjord; längs Brit. öarna och Västeuropa till Kanarieöarna; Medelhavet. Arten är således boreal och atlantisk-mediterran. Är Stebbings identifiering av släktets alla arter med *A. typica* riktig, är arten kosmopolitisk, förekommande även inom Indiska och Stilla havet.

43. **Lembos longipes** (Lilljeborg).

Syn.: Autonoe plumosa Boeck.

St. 39 3 ex., st. 46 5 ex., st. 49 1 ex., st. 50 1 ex., st. 51 1 ex.

Arten angives av Meinert från Skagerack och Kattegatt gå upp i Öresund till mellan Ven och Taarbæk. Lilljeborg har tagit den i Kullatrakten, och Bruzelius anför den från Bohuslän. I Öresund synes arten förekomma under liknande betingelser som i Kattegatt, 25—40 m. och slikbotten, mer eller mindre sandblandad. Sydgränsen torde ligga vid Landskrona—Vedbæklinjen (jfr Meinert).

Utbredning: Norges syd- och västkust, 10—50 f., till Trondhjemsfjorden; Karahavet; Nordsjön; Brit. öarna; Frankrikes västkust. Arten överskrider sålunda något den boreala regionen både i norr och söder.

44. **Lembos websteri** Sp. Bate.

St. 51 1 ex.

Av denna art har jag endast sett en hona, som jag med tvekan hänfört hit. Den är icke förut observerad i Kattegatt eller Öresund.

Utbredning: Norges syd- och västkust, grunt vatten; längs Brit. öarna och Västeuropa till Medelhavet; sålunda boreal och atlantisk-mediterran.

45. **Protomedeia fasciata** Kröyer.

Syn.: Autonoe macronyx (Lillj.)

St. 35 och 37 1 ex., st. 46 2 ex., st. 52 24 ex.

Meinert anför den av Lilljeborg från Kullen angivna arten från södra Kattegatt, varifrån den intränger i Sundet till Hellebæk samt genom Bälterna. Söderut till Ven, möjligen något längre, förekommer arten, nedanför 20-meterslinjen, sandblandad eller ren lera.

Utbredning: Kullen—Bohuslän; Norge, västkusten till Ostfinmarken; Island; O.- och N. Spetsbergen; V. Grönland till Disko; Arktiska Amerika. Sydgränsen nås vid Brit. öarna (Firth of Forth) och mellersta Nordsjön (Reibisch). Arten är sålunda arktisk och boreal.

46. **Gammaropsis maculatus** (Johnston).

Syn.: Gammarus (Gammaropsis) erythrophthalmus Lillj.

St. 37 6 ex., st. 51 2 ex., st. 52 1 ex.

Denna av Lilljeborg för Kullen, Bruzelius för Bohuslän och Meinert för södra och västra Kattegatt samt St. Bält till Nyborg angivna art, har tidigare ej anträffats i Öresund söder om Hellebæk, men går med säkerhet till Ven och förekommer å lerbotten under 20-meterslinjen.

Utbredning: Norge, 20—50 f., söder om Lofoten (Nordgaard). Längs Europas och Afrikas västkust till Azorerna och Senegambien. Medelhavet till Bosporen. Arten är utpräglat atlantisk-mediterran och boreal.

47. **Gammaropsis melanops** G. O. Sars.

Syn.: Eurystheus maculatus (Johnst.), part..

St. 39 9 ex., st. 46 35 ex., st. 49 2 ex.

Stebbing har identifierat denna art med föregående, en uppfattning, som jag ej kan dela. Den är nämligen skild från *G. maculatus* genom en rad konstanta och tydliga karaktärer, så t. ex. huvudets form, svartpigmenterade ögon, främre antennernas byggnad, de främsta fotparens form, tredje epimeralplattans utseende.

Angives av Meinert för västra Kattegatt. Inom Öresundsområdet förekommer den under liknande betingelser som föreg., söderut till Ven.

Utbredning: Norge, från sydkusten till Ostfinmarken, 20—50 f.; s. om Nowaja Semlja, 90 m. (Stappers); V. Grönland till 68°42′; Arktiska Amerika (Ohlin).

I motsats till föreg. art är *G. melanops* arktisk (möjligen boreoarktisk) och boreal och når i våra trakter sydgränsen för sitt utbredningsområde.

48. Photis reinhardi Kröyer.

Syn.: Amphitoë pygmæa Lillj.

St. 25 1 ex., st. 37 1 ex., st. 39 1 ex., st. 45 1 ex., st. 46 1 ex., st. 50 5 ex., st. 51 2 ex., st. 52 1 ex.

Denna art anges av Meinert från Skagerack och östra Kattegatt, upp i Bälterna och Öresund till mellan Ven och Taarbæk, oftast 16—12 f., mer eller mindre sandblandad slik. I Öresund har den av oss anträffats regelbundet, men enstaka söderut till Landskrona, ej å mindre djup än 23 m., mer eller mindre ren lera.

Utbredning: Norge till Ostfinmarken, 20—50 f.; Island; V. Grönland till 66°56′; Nordsjön söderut till 55° n. br. Den är sålunda en boreoarktisk och boreal form.

49. Photis longicaudata (Sp. Bate.)

Syn.: Ph. lütkeni Boeck.

St. 46 7 ex., st. 47 och 48 2 ex., st. 51 8 ex.

Arten anges endast från södra Kattegatt och norra Öresund till Hellebæk, 31—12 f. (Meinert). Synes norr om Hälsingborg icke vara sällsynt å djup överstigande 23 m., lerbotten. Möjligen saknas den söderut.

Utbredning: Norge, västkusten (Haugesund), 30 f.; Nordsjön och Brit. öarna; längs Västeuropa ned i Medelhavet (Stebbing). Arten är alltså vida sydligare än föregående, atlantisk-mediterran och boreal.

50. Amphitoë rubricata (Montagu).

Syn.: A. podoceroides Rtk.

Näst *Gammarus locusta* är denna art den för littoralregionen, speciellt dess vegetationsområde, mest karaktäristiska formen, ehuru den knappast uppträder i samma mängd, som den nämnda. Den uppehåller sig framförallt i den undre delen av den algbevuxna littoralregionen, 10—20 m., vilket djup den endast undantagsvis överskrider.

Utbredning: Östersjön till Danzig, Bälterna, Kattegatt, Skagerack; Norge till Ostfinmarken; Nordsjön; Brit. öarna; längs Västeuropa till Azorerna; Nordamerikas ostkust. Arten är således en övervägande boreal och atlantisk littoralform.

51. **Ischyrocerus anguipes** Kröyer.

Syn.: I. minutus Lillj.

St. 12 och 13 3 ex., st. 18 och 20 1 ex., st. 27 7 ex., st. 38 18 ex., st. 39 1 ex., st. 41 11 ex.

I likhet med Stebbing o. a. uppfattar jag *I. anguipes* och *I. minutus* som synonymer, då samma individ ofta nog i en karaktär överensstämmer med den ena, i en annan med den andra arten.

Av Meinerts lokaluppgifter vill det synas, som om denna art vore en karaktärsform för västra Kattegatt, varifrån den tränger ned genom Bälterna. Däremot tycks den i östra delen ej uppträda i samma talrikhet, och från Sundet kändes den tidigare ej söder om Hellebæk. Den anges där i regel förekomma, på grunt vatten, 10 fot —7 1/2 f., oftast ren sand. I Öresund har den en vidsträcktare förekomst, än vad Meinert kunnat finna och är allmän inom djupområdet 10—20 m., sandblandad lera och alger, åtminstone norr om Landskrona, men uppnår svårligen samma frekvensgrad, som i västra Kattegatt.

Utbredningen är synnerligen vidsträckt, såväl inom arktiska och boreoarktiska som boreala regionen. Östersjön, Kielerbucht (Blanc), Bohuslän; Norge till Ostfinmarken; Sibiriska ishavet; Spetsbergen; O. och V. Grönland; Arkt. Amerika. Sydgränsen nås vid Brit. öarna, S. Irland (Tattersall.) Även angiven för Puget Sound (Walker).

52. **Ericthonius brasiliensis** (Dana).

Syn.: Erichthonius abditus (Templ.)

St. 49 1 ex.

Arten, som förut erhållits i Skagerack och Kattegatt till mellan Anholt och Fornæs, har endast anträffats vid ett tillfälle i norra delen av Sundet, 28—42 m., lerbotten.

Utbredning: Norge, söder om Ingöhavet (Nordgaard), 10—40 f.; Brit. öarna; längs Europas och Afrikas västkust till Azorerna och Senegambien; Medelhavet och Adriatiska havet. Dessutom anges arten (Stebbing) från Sydatlanten (Rio de Janeiro) samt norra Stilla Oceanen (S. Francisko). Under alla förhållanden är arten en boreal och atlantisk-mediterran form, som ej når in i arktiska området.

53. **Ericthonius hunteri** (Sp. Bate).

St. 36 1 ex., st. 39 3 ex.

Reibisch har fäst uppmärksamheten på ett par omständigheter, som kunna göra det troligt, att Sars vid avfattande av sin beskrivning haft framför sig en annan art än *E. hunteri*, bl. a. förhandenvaron av ett (dock ytterst obetydligt) an-

tennappendix, en annan form å andra gnatopodparet. Utan att bestämt avgöra, om verkligen skiljaktiga arter här föreligga, vill jag dock framhålla, att de av mig erhållna ex. samtliga åtminstone i gnatopodutvecklingen (antennerna saknades å flertalet) överensstämma med *E. hunteri*, sådan den beskrivits av Sp. Bate och nu senast av Reibisch.

Arten förekommer i Skagerack och östra Kattegatt, varifrån den enligt Meinert går upp i Sundet till Hellebæk. Sydgränsen nås dock först vid Ven. Arten har erhållits å 13—30 m. sandblandad lera och alger, där den bygger rör av bottenmaterialet.

Utbredning: Norge, västkusten (sällsynt?); Brit. öarna, Nordsjön (Doggersbank). Arten är, såvitt man nu kan bedöma, rent boreal.

54. **Corophium grossipes.** (Linné).

Syn.: C. volutator (Pall).
C. longicorne (Fabr.)

För littoralregionens övre del — den långgrunda sandstranden — utgör denna art ett verkligt karaktärsdjur inom hela det undersökta området, liksom fallet är t. ex. i Gullmarfjorden. Som speciella lokaler kunna nämnas Barsebäck, inre hamnen samt Gräsrännan.

Utbredning: Östersjön upp i Bottniska viken, Kattegatt, Skagerack; Norges syd- och västkust. Längs Europas västkust in i Medelhavet och Adriatiska havet. En boreal och atlantisk-mediterran form.

55. **Corophium crassicorne** Bruzelius.

St. 8 3 ex., st. 38 3 ex., st. 41 8 ex.

Mindre utpräglad grundvattensform än föregående, men i likhet med denna inskränkt till littoralregionen, vars sandbotten, möjligen även Zosteraområden, ned till 20 m., den bebor. Den har anträffats söderut till strax norr om Barsebäck — Meinert anger gränsen »mellan Hven og Taarbæk» —, men då arten går genom Bälterna långt in i Östersjön till norr om Bornholm, är det sannolikt, att den även via Sundet når dit.

Utbredning: Kattegatt (framförallt västra delen), Bohuslän; Norge till Vadsö, 6—20 f.; Jan Mayen; Brit. öarna; längs Europas västkust åtminstone till V. Frankrike. Anges också från Bosporen. Arten förekommer sålunda från arktiska och boreoarktiska ned i atlantisk-mediterrana regionen.

56. **Corophium bonelli** Milne Edwards.

St. 38 125 ex., st. 41 5 ex.

Av denna art har Sars ej lyckats erhålla någon hanne, som han säger, möjligen beroende på en inom släktet icke vanlig frånvaro av utpräglade köns-

karaktärer. Den har senare beskrivits av WALKER (1898 s. 172). I likhet med WALKER har jag funnit, att honorna, som lätt nog voro urskiljbara, på grund av att de allmänt (juli) voro äggbärande, äro i en betydande majoritet.

Denna från våra havsområden nya art är, liksom släktets övriga, en littoralform, som inom nedre delen av bältet — till 20 m. — uppträder i stor mängd, söderut till Ven, sandblandad lera och algbotten.

Utbredning: Norge, syd- och västkusten till Trondhjemsfjorden, 6—10 f.; Nordsjön; Brit. öarna och Nordfrankrike. Är således en boreal art, som något överskrider regionens sydgräns.

57. **Corophium affine** BRUZELIUS.

St. 35 och 37 4 ex., st. 52 1 ex.

Denna av BRUZELIUS från Gullmarfjorden beskrivna art har i våra hav en vidsträckt förekomst. MEINERT anger sydligaste Samsöbält och norra St. Bält som dess rätta hem, varifrån den går upp i Kattegatt samt in i Sundet till mellan Ven och Taarbæk. Djupet uppges till 17 1/2—4 f., med botten av sand eller slik. Hur allmän arten är i Sundet, kan jag ej avgöra, då jag endast har den från trenne stationer, 20—36 m., lerbotten. Sydgränsen torde dock ligga vid linjen Landskrona—Vedbæk, då arten eljes säkerligen skulle erhållits å någon av våra sydligare stationer.

Utbredning: Norge till Ostfinmarken, 10—30 f. (NORMAN 1902); Nordsjön, Shetlandsöarna; STEBBING tillägger Bosporen? Sannolikt är arten väsentligen boreal och mera djupgående än någon av de övriga.

58. **Unciola planipes** NORMAN.

Syn.: U. steenstrupi (Boeck).

St. 42 20 ex., st. 44 4 ex., st. 45 1 ex., st. 46 90 ex.

Denna art har tidigare ej iakttagits i Kattegatt eller Öresund utan endast i St. Bält och Samsöbält, 4—13 1/2 f. I området norr om Ven är den å djupare stationer allmän, 23—46 m., sand eller lera. Söder om st. 42 är den ännu ej iakttagen, men säkerligen förekommer den nedemot Ven.

Utbredningen är vidsträckt: Norge till Vadsö, 50—300 f.; Västgrönland 68°9', 48 f.; Brit. öarna; Frankrikes västkust söder ut till Gascognebukten, 50—180 m. Enligt tillgängliga uppgifter har arten inom stora delar av utbredningsområdet karaktären av en sublittoral och abyssal form. Det är anmärkningsvärt, att den i Öresund — och även Bälterna — anträffas å vida grundare lokaler.

59. **Dulichia porrecta** (Sp. Bate)[1].

St. 25 9 ex. (4), st. 29 1 ex., st. 35 och 37 2 ex. (1), st. 39 6 ex. (1), st. 42 3 ex. (1), st. 44 11 ex. (4), st. 45 10 ex. (5), st. 46 25 ex. (15), st. 49 14 ex. (7), st. 50 40 ex. (17), st. 52 16 ex. (8), st. 53 7 ex., st. 53 a 3 ex.

Enligt Meinert går denna art från Kattegatt ned i Bälterna och i Sundet till mellan Ven och Taarbæk. Den förekommer i regel tillsammans med en eller flera av följande å mer eller mindre ren slikbotten, 20—52 m., med frekvensökning med djupet.

Utbredning: Norge till Ostfinmarken, 10—50 f. (Norman 1902); Västgrönland, 10—60 f., söder om Disko; sydgränsen nås vid Brit. öarna (Irländska sjön, Walker). Arten förekommer således inom arktiska och (boreoarktiska) boreala regionen.

60. **Dulichia monacantha** Metzger.

St. 25 1 (1), st. 42 3 ex., st. 45 22 ex. (4), st. 46 107 ex. (51), st. 49 1 (1), st. 50 50 ex. (23), st. 52 17 ex. (4), st. 53 3 ex., st. 53 a. 4 ex.

Arten är känd från Skagerack, Kattegatts östra del till s. om St. Middelgrund, Samsöbält och St. Bält, men är ej tidigare iakttagen i Öresund. Den förekommer här å samma djup och bottenslag som föregående, söderut till linjen Landskrona—Vedbæk, med möjlig frekvensökning inom Sundets djupare delar.

Utbredning: Norges västkust samt särskilt talrikt vid Ostfinmarken, 20—50 f.; Nordsjön, Doggersbank (Reibisch); Shetlandsöarna. Den synes gå djupare än föregående; Meinert anför för Skagerack och Kattegatt 70—125 f. Arten är sålunda boreoarktisk och boreal.

61. **Dulichia falcata** (Sp. Bate).

St. 10 och 15 2 ex., st. 35 och 37 6 ex. (2), st. 42 3 ex. (1), st. 44 16 ex. (2), st. 46 75 ex. (14), st. 49 11 ex. (2), st. 50 3 (3), st. 52 1 ex.

Denna från svensk-danska farvatten hittills obekanta art förekommer regelbundet söderut åtminstone till Ven, ett par ex. ha anträffats t. o. m. söder om Landskrona, tillsammans med föregående å 18—42 m., lerbotten.

Utbredning: Norge till Vadsö, 20—50 f.; Brit. öarna (Moray Firth). Arten har således i stort sett samma utbredning som föregående.

---

[1] Inom detta släkte äro honorna av flera arter, särskilt i yngre stadier, ytterligt svåra att skilja. För att ej på grund av en förväxling, som här svårligen kan undgås, komma till missvisande resultat anger jag inom parentes också hannarnas antal.

62. Phthisica marina Slabber.

Syn.: Proto pedata Leach.
» ventricosa, (O. F. Müll.)
Phthisica acaudata (Gronov).

St. 46 7 ex., st. 50 2 ex., st. 52 2 ex., st. 53 6 ex., st. 53 a 3 ex.

Arten anges av Meinert från Skagerack, Kattegatt, Bälterna och därifrån in i Östersjön, där den iakttagits såväl vid Kiel som Warnemünde, samt i Öresund till Hellebæk. Den har erhållits i mindre antal bland alger eller hydroider, sydligast vid Sofiero, ehuru det torde vara höjt över varje tvivel, att arten skall kunna anträffas åtminstone till Ven. Djupet har aldrig understigit 20 m.

Utbredningen är vidsträckt: Bohuslän; Norge till Vadsö; Brit. öarna; längs Västeuropa söderut till Kanarieöarna och vid Afrikas västkust. Medelhavet; Svarta havet. Även angiven för Rio de Janeiro. Arten är en littoralform med boreal och atlantisk-mediterran utbredning.

63. Pariambus typicus (Kröyer).

St. 41 1 ex., st. 52 1 ex.

Denna art anges av Meinert från Skagerack och Kattegatt gå upp i Bälterna samt Sundet till mellan Ven och Taarbæk. Den har träffats endast tvänne gånger, sydligast st. 41, bland alger å 20 m.

Utbredning: Bohuslän; Norge till Trondhjemsfjorden, 2—20 f.; Brit. öarna; längs Västeuropa söderut till Cap Verdeöarna; Medelhavet. Arten är således boreal och atlantisk-mediterran.

64. Caprella linearis (Linné).

St. 22 2 ex., st. 35 4 ex., st. 37 13 ex.

Arten har tidigare erhållits i Öresund till mellan Ven och Taarbæk (Meinert, Lönnberg 1899). Från Skagerack och Kattegatt går den genom Bälterna ned i farvattnet mellan småöarna samt har erhållits i västra Östersjön såväl i Kieler- som Travemünde Bucht. I Öresund uppträder den mest inom littoralregionens algområde, 17—36 m.

Utbredning: Norge till Ostfinmarken, grunt vatten bland alger; Murmankusten; längs Västeuropa går den i varje fall ned till Frankrikes nordkust. Den anges vidare av Mayer från Kamtschatka, Alaska, Sydkalifornien, Nordamerikas ostkust mellan 40° och 45° n. br., vadan arten har en mycket vidsträckt utbredning; saknas i Medelhavet (Mayer).

65. Caprella septentrionalis Kröyer.

St. 37 4 ex.

Med någon tvekan har jag hänfört några från föregående art mycket avvikande individer till *C. septentrionalis.* Variationen är ju inom släktet högst betydande och det är möjligt att de nämnda ex. endast äro extrema variationer av *C. linearis.* Då arten förekommer i Skagerack, Kattegatt och Bälterna (Meinert, Lönnberg 1903), är det emellertid högst antagligt, att den också skall utsträcka till Sundet. Förekommer tills. m. föregående.

Utbredning: Arten är avgjort nordligare än föregående. Bohuslän; Norge, till Ostfinmarken; Vita havet; Nowaja Semlja; Spetsbergen; Jan Mayen; Fr. Josefs land; V. Grönland till 77°30′; Arkt. Amerika; sydgräns vid Brit. öarna (Moray Firth, Mayer). Även angiven från Japan. En arktisk och boreal littoralform.

Av de 65 arter, som vid undersökningarna anträffats äro 28 nya för Sundet, därav 8 ej heller hittills erhållits i Kattegatt eller Skagerack. Utbredningsområdet har för 10 arter vidgats och kompletterats. Nya för Öresund äro: ***Hyperoche kröyeri***, *Tryphosites longipes*, *Tmetonyx gulosus*, *Argissa hamatipes*, ***Harpinia antennaria***, *H. crenulata*, *Byblis gaimardii*, *Amphilochus manudens*, ***Amphilochoides boeckii***, *A. odontonyx*, ***Metopa sölsbergi***, ***Monoculodes packardi***, *Perioculodes longimanus*, ***Kröyera altamarina***, *Synchelidium tenuimanum*, *Iphimedia obesa*, *I. minuta*, *Apherusa bispinosa*, *Melphidippella macra*, *Gammarellus angulosus*, ***Lembos websteri***, *Gammaropsis melanops*, *Ericthonius brasiliensis*, ***Corophium bonelli***, *Unciola planipes*, *Dulichia monacantha*, ***D. falcata***, *Caprella septentrionalis.* För följande arter har sydgränsen modifierats: *Hippomedon denticulatus* (st. 42), *Tryphosa nana* (st. 18 och 20), *Ampelisca macrocephala* (st. 25), *Westwoodilla hyalina* (st. 25), *Paratylus swammerdami* (st. 41), *Melita obtusata* (st. 25), *Protomedeia fasciata* (st. 35 och 37), *Gammaropsis maculatus* (st. 37), *Ischyrocerus anguipes* (st. 12 och 13), *Ericthonius hunteri* (st. 36).

Tilläggas bör, att följande av Meinert för Sundet anförda arter under våra undersökningar icke anträffats: *Pontoporeia femorata* Kr., *Metopa alderi* (Sp. Bate), »op i Sundet og Belterne», *Dexamine spinosa* (Mont.), »sjeldent — Sundet», *Leucothoë spinicarpa* (Abildg.), Hellebæk, *Microdeutopus anomalus* (Rathke), »Kalkbrænderibugten», *Podoceropsis sophiæ* Boeck, Hellebæk, och *Ericthonius difformis* M. Edw., Taarbæk.

Frånvaron av *Dexamine spinosa* och *Podoceropsis sophiæ* diskuteras i annat sammanhang. Tre av de nämnda släktena äro i förteckningen här ovan representerade i andra än de av Meinert upptagna arterna.

Isopoda.

1. Sphæroma rugicauda Leach.

Allmän i strandlinjen och grundvattensbältet.

Utbredning: Västra Östersjön, Danmarks kuster; Brit. öarna; Frankrikes nordkust.

2. Idothea baltica (Pallas).

Syn.: I. tricuspidata Desm.
I. marina (Lin.).

Arten är ett av littoralregionens allmännaste djur och träffas även drivande i ytan med lösryckt Zostera och tång.

Utbredningen är mycket vidsträckt. Östersjön upp i Bottniska viken; Bälterna, Kattegatt, Skagerack; Norge till Ostfinmarken (Norman 1902). Längs Europas västkust till Spanien; Medelhavet, Svarta havet; Nordamerikas ostkust från S:t Lawrence golf till Västindien. Richardson tillfogar ytterligare Brasilien, Nya Zeeland och Java.

3. Idothea granulosa Rathke.

Förekommer tillsammans med föregående ehuru ej så allmänt.

Utbredning: Västra Östersjön, Bälterna, Kattegatt; Norge till Vardö; Brit. öarna. Sannolikt är utbredningen vidsträcktare, i det att arten sammanblandats med föregående.

4. Idothea viridis (Slabber).

Liksom *I. baltica* mycket allmän inom littoralregionen.

Utbredning: Utanför våra hav [1] anges arten från Sydnorge, Brit. öarna, Nordsjöområdet, Nordfrankrike. Är således väsentligen boreal, möjligen också atlantisk.

5. Astacilla longicornis (Sowerby).

St. 37 1 ex., st. 44 1 ex., st. 46 2 ex., st. 50 5 ex., st. 52 3 ex.

H. J. Hansen anger ifrågavarande art från Öresund, »en Række Steder fra Gilleleje til Skovshoved». Arten är här ingalunda allmän, utan hör till de sällsyntare formerna och har ej heller erhållits söder om Ven. Den har uteslutande träffats å större djup, 23—42 m, mer eller mindre ren lerbotten.

[1] Eget nog föreligga, såvitt jag kunnat finna, inga uppgifter om artens förekomst i Östersjön, där den bör kunna anträffas.

Utbredning: St. Bält, Kattegatt, Skagerack; Norge till Vadsö; Island; Brit. öarna, även sydkusten; Guernesey. Artens utbredning är sålunda väsentligen boreal, batymetriskt ganska växlande.

6. **Ianira maculosa** Leach.

St. 35 och 37 2 ex., st. 46 2 ex., st. 49 1 ex.

Denna i Skagerack och skilda delar av Kattegatt förekommande art angives av Hansen från norra delen av St. Bält och Öresund (Gilleleje och Hellebæk). Arten har erhållits söderut till Ven, alltid å större djup, 28—42 m., lerbotten.

Utbredningen är vidsträckt; Norge till Ostfinmarken, 30—100 f.; Barents hav; V. och O. Grönland till 72°32′ och 69°25′ resp.; runt Brit. öarna, allmän; Nordsjön; Frankrike. Arten förekommer således i boreala och arktiska områden samt intränger i atlantiska.

7. **Ianiropsis breviremis** G. O. Sars.

St. 42 3 ex.

Denna av Sars från Bergenstrakten beskrivna art har av Bovallius påträffats vid Bohuslän, men upptages varken av Meinert eller H. J. Hansen från danska farvatten. Arten har erhållits endast å st. 42, 26—30 m. Sannolikt har den emellertid en större utbredning i våra hav än vad de hittills bekanta fyndlokalerna ge vid handen.

Utbredning: Norges västkust; Nordsjön (Zirwas); Brit. öarna (Walker, Tattersall 1905). En boreal form.

8. **Iæra marina** Fabricius.

Syn.: I. albifrons Leach.
I. nordmanni Rtk.

H. J. Hansen (1909 s. 208) har övertygande uppvisat, att *Iæra marina* och *I. nordmanni* icke äro skilda arter.

Inom övre delen av littoralregionen, framför allt Zosterabältet, är arten synnerligen allmän. Man träffar den också i själva strandlinjen bland tången och under stenarna. Blott undantagsvis har den iakttagits å djupare vatten, t. ex. st. 44, 37—42 m.

Utbredning: Östersjön, långt upp i Bottniska viken; Bälterna, Kattegatt, Skagerack; Norge till Ostfinmarken; Nordsjön; Brit. öarna; Frankrike; Medelhavet. V. Grönland till 69°14′; Nordamerikas ostkust. Apstein resumerar utbredningen såsom omfattande 40°—72° N., 75° V.—55° O. Arten är således en utpräglat euryhalin form med vidsträckt utbredning.

9. **Pleurogonium rubicundum** G. O. Sars

St. 25 7 ex., st. 46 1 ex., st. 52 3 ex.

Från våra hav kännes denna art endast från sydvästra Kattegatt (H. J. Hansen). Då den vid hela norska kusten synes vara allmän, kan den helt visst påvisas under liknande betingelser även vid vår kust. I Öresund torde den söderut till Landskrona—Vedbækliñjen uppträda regelbundet å de djupare lokalerna med mjuk botten.

Utbredning: Östersjön (Kiel, Apstein); Norge till Ostfinmarken, 6—30 f.; Brit. öarna (Skottland, Irland, Tattersall 1904). Arten är sålunda känd från huvudsakligen boreala områden.

10. **Pleurogonium inerme** G. O. Sars.

St. 25 2 ex.

Av denna förut endast i 3 ex. från Skagerack och Kattegatt kända art, ha å st. 25 2 ex. (♂♂) erhållits tillsammans med föregående, med vilken den till levnadssätt och utbredning torde överensstämma.

Utbredning: En boreal art, anförd från Norges västkust, 60—150 f., Nordsjön (Zirwas) och Brit. öarna (Skottland, Irland, Tattersall, 1904).

11. **Pleurogonium spinosissimum** G. O. Sars.

St. 27 1 ex., st. 46 1 ex.

Denna art anges av H. J. Hansen från lokaler i Skagerack, Kattegatt, St. Bält och Öresund (Hellebæk). Den förekommer under enahanda villkor som de föregående och har samma sydgräns inom Sundsområdet.

Utbredning: Norge till Ostfinmarken, 50—100 f.; Brit. öarna (Skottland).

12. **Desmosoma globiceps** (Meinert).

St. 46 1 ex., st. 52 4 ex.

D:r H. J. Hansen har fäst min uppmärksamhet på, att släktet *Eugerda* ej kan upprätthållas utan rimligen bör sammanslås med *Desmosoma*. De grunder, som han härför anfört, utvecklas närmare i Ingolfbearbetningen.

Arten har beskrivits av Meinert på grundvalen av exemplar från Skagerack och Kattegatt. Hansen anför ytterligare lokaler från dessa områden, sydligast väster om Kullen och öster om Hjelm. Härtill kunna nu läggas fynd från norra Öresund, 23—40 m.; antagligen skall det lyckas träffa den ned till Ven.

Utbredning: Utom de nämnda lokalerna är ingenting känt om artens utbredning, ej ens från Norge.

Tanaidacea.

1. Heterotanais örstedii Kröyer.

Syn.: Tanais balthicus Müll. ♀.
» rhynchites Müll. ♂.

Denna även från Östersjön (Greifswald) angivna art har förut anträffats i Öresund på grunt vatten såväl vid Kallebodstrand (Kröyer) som i Landskrona hamn (Lilljeborg). Den förekommer inom strandbältet överallt bland Zosteran och hör till denna regions karaktärsformer, t. ex. Barsebäck, Gräsrännan, 4—5 m.

Utbredning: Bälterna, Skagerack: Gullmarfjorden; Norges sydkust.

2. Leptochelia danica H. J. Hansen.

Syn.: Typhlotanais brevicornis (Lillj.) part.

St. 42 3 ex.

Arten har under ovanstående namn beskrivits av H. J. Hansen (1909), sedan det visat sig, att Meinert felaktigt bestämt materialet till *Typhlotanais brevicornis.* I Öresund, där den förut iakttagits vid Hellebæk, ha endast 3 ex. erhållits (st. 42), och synes arten här förekomma å de djupare lokalerna söderut till Ven.

Utbredning: Bälterna, sydvästra Kattegatt, $4^1/_2$—11 f.

3. Leptognathia graciloides Lilljeborg.

Syn.: Leptognathia gracilis Kr. part., Hansen 1909 s. 230.

St. 52 1 ex.

Av denna för Öresund nya art har endast 1 ex. erhållits, st. 52, sandblandad lera, 23—25 m.

Utbredning: Kattegatt: Hjelms fyrtorn, 15 f.; Bohuslän, 30—130 f.

Vid undersökningarna ha av isopoder och tanaider 15 arter anträffats. Av dessa äro följande 5 nya för området: *Ianiropsis breviremis*, *Pleurogonium rubicundum*, *P. inerme*, *Desmosoma globiceps*, *Leptognathia graciloides.* För *Ianira maculosa*, *Pleurogonium spinosissimum* och *Leptochelia danica* ha nya bidrag till kännedomen om utbredningen lämnats.

Emellertid är materialet av dessa ordningar det ojämförligt minst rikhaltiga. Och ej mindre än 7 frittlevande arter, för vilka äldre uppgifter om förekomst i Sundet föreligga, äro ej representerade. (Se Hansen 1909).

Cumacea.

1. Lamprops fasciata G. O. Sars.

St. 42 3 ex.

Denna från Kattegatt in i Bälterna nående art anges av Hansen för norra Öresund. Jag har iakttagit den endast en gång i 3 ex. (honor med ägg och nykläckta ungar), mellan Ven och Hälsingborg, 26—30 m., sandbotten.

Utbredning: Norge till Vadsö, ställvis mycket allmän; Nordsjön; Brit. öarna (Skottland och Irländska sjön). Boreoarktisk och boreal grundvattensform.

2. Hemilamprops rosea (Norman).

St. 46 2 ex., st. 50 1 ex., st. 52 talrika ex., st. 53 1 ex.

Arten är förut känd från södra och östra Kattegatt upp i Öresund till Hellebæk (H. J. Hansen). Har erhållits endast i norra delen av området, 23—40 m., lerbotten eller sandblandad lera.

Utbredning: Norges syd- och västkust allmän, Ostfinmarken enstaka, 20—50 f.; Nordsjön; Brit. öarna. Arten är väsentligen boreal.

3. Leucon nasica (Kröyer).

St. 25 5 ex., st. 31 1 ex., st. 49 1 ex., st. 50 1 ex., st. 51 2 ex., st. 52 10 ex., st. 53 1 ex.

Denna art är känd från Skagerack och Kattegatt, särskilt dess östra del, varifrån den går upp ett stycke i St. Bält och Öresund till mellan Ven och Taarbæk. Sydgränsen nås där i djuphålan sydost om Ven. Arten förekommer regelbundet å 23—52 m., lerbotten.

Utbredning: Inom arktiska hav mycket vidsträckt, från V. Grönland (upp till 72°23′) och O. Grönland (Scoresby sund) till Jenniseimynningen (se Stappers). Norge till Ostfinmarken, 30—100 f. Sydgränsen nås inom Nordsjön och vid Brit. öarna (Firth of Forth och Irländska sjön). Labrador och S:t Lawrence golf; även norra Stilla havet: Alaska (Calman). Arten förekommer således från arktiska områden ned mot den boreala regionens sydgräns.

4. Leucon nasicoides Lilljeborg.

St. 31 2 ex., st. 35 och 37 1 ex., st. 39 5 ex., st. 42 1 ex., st. 46 5 ex., st. 49 120 ex.

Denna i Skagerack och Kattegatt ej så ofta erhållna, men åtminstone i Sundets norra del allmänna art synes å de djupare lokalerna i Öresund vara konstant förekommande, söderut till Ven. Djupet växlar mellan 26 och 42 m., bottnen i regel lera.

Särskilt talrikt har arten anträffats i Öretvisten vid Kulla Gunnarstorp, Haploopsbotten, 33—42 m. Anmärkningsvärt är, att arten ej erhållits förrän under 1914, oaktat ett ganska rikhaltigt cumacématerial föreligger även från föregående år.

Utbredning: Norge söder om Lofoten, 10—50 f., ej så allmän som föregående; Nowaja Semlja, 90 m. (Stappers); Spetsbergen; V. och O. Grönland; Nordamerikas ostkust: S:t Lawrence golf och Fundy Bai. Således en arktisk och boreal form.

5. **Eudorella emarginata** (Kröyer).

St. 46 10 ex., st. 52 talrika ex. (däribland ett par ♂♂).

Arten har en vidsträckt utbredning i våra hav. Meinert rubricerar den som en av våra allmännaste cumacéer, som förekommer i Skagerack, östra och södra Kattegatt och som därjämte går in i St. Bält till Sprogö samt i Öresund ungefär till Ven. Den batymetriska utbredningen anges till 13—30 f., samt i södra delarna av utbredningsområdet 10—15 f., med botten i regel av slik, med eller utan sand och grus (Hansen). I Öresund har den av oss blott iakttagits i norra delen, 23—40 m., där den är allmän å lerbotten med inblandning av sand. Även vid norska kusten är arten en av de allmännast förekommande ända upp till Vadsö.

Utbredning: Nordsjön, Brit. öarna (kusten av Northumberland och Irländska sjön). Nordamerikas ostkust från Labrador till Cap Cod (Calman); V. Grönland till 71°; V., N. och O. Spetsbergen; Karahavet; Sibiriska ishavet. Arten är således arktisk och boreal, nående ganska betydande djup, 772 m.

6. **Eudorella truncatula** (Sp. Bate)[1].

St. 25 2 ex., st. 35 och 37 17 ex., st. 38 3 ex., st. 41 10 ex., st. 46 20 ex., st. 52 talrika.

Tillsammans med föregående uppträder denna art icke sällsynt söderut till området Landskrona—Ven. Den synes emellertid även förekomma å mindre djup, i det den erhållits även inom undre littoralregionen (st. 38), 16—17 m.

Utbredning: Östra Kattegatt, varifrån den fortsätter nedåt ett gott stycke i St. och L. Bält; Skagerack; Norge till Lofoten, 6—30 f., Ostfinmarken, enstaka (Norman 1902); längs Västeuropa; Medelhavet, Amerikas ostkust: från Cap Cod till Cap Hatteras (Calman). Arten är således boreal och atlantisk-mediterran.

---

[1] Sars har å tavla XXIX angivit endast 1 borst å uropodens andra led hos hannen, i motsats till det hos medelhavsexemplaren förefintliga antalet 5 (anmärkt av Stebbing, 1913 s. 81). Samtliga undersökta hannar från Öresund överensstämma i detta hänseende med medelhavsexemplaren.

7. **Diastylis rathkii** (Kröyer).

St. 2 1 ex., st. 5 1 ex., st. 6 7 ex., st. 8 8 ex., st. 12 och 13 100 ex., st. 10 och 15 5 ex., st. 18 och 20 2 ex., st. 25 2 ex., st. 29 1 ex., st. 30 2 ex., st. 31 4 ex., st. 33 7 ex., st. 35 1 ex., st. 35 och 37 60 ex., st. 36 6 ex., st. 37 1 ex., st. 38 600 ex., st. 39 5 ex., st. 41 3000 ex. (alla utom 20 erhållna 5/7 1914), st. 42 365 ex., st. 45 1 ex., st. 46 32 ex., st. 48 4 ex., st. 49 2 ex., st. 50 1 ex., st. 51 7 ex., st. 52 3 ex.

Diastylis rathkii är den enda cumacé, som Lönnberg anför för Öresundsområdet. Den är ej blott den mest spridda utan också den talrikast uppträdande. Jag har upptagit samtliga lokaler här ovan för att påvisa, hurusom förekomsten icke i mera påfallande grad begränsas till någon särskild bottenformation, utan att oberoende härav arten är tillstädes överallt, varest djupet överstiger 18 —20 m.; dock har den anträffats sparsamt redan vid 15—16 m. samt i större mängd å sandblandad lera och alger, 20 m. (st. 41, därav c:a 1500 i sållrest av trålfångst och 1460 i bottnen skummande scherbrutnetz). Dessa förhållanden synas nära överensstämma med de betingelser, varunder arten träffas inom övriga delar av utbredningsområdet. Anmärkningsvärd är givetvis den påvisade massförekomsten [1], iakttagen genom parallellundersökningar med olika redskap (juli 1914), i viss mån utgörande en analogi till vad, som konstaterats i fråga om *Michtheimysis mixta*. Framhållas bör även, att det i båda fallen rör sig om halvvuxna individer, vilka ej sällan (ex. st. 41) uppträda i massa å samma lokal och där utgöra de dominerande elementen i faunan.

Beträffande fördelningen inom området föreligga i litteraturen något avvikande uppgifter. Meinert anger sålunda, att arten är allmän i hela norra delen av Sundet, men ej denna väg går in i Östersjön, utan »standses rimeligvis her af Amagers och Saltholms Grunde.» H. J. Hansen (1909) åter gör gällande, att »den er almindelig i den nordlige Halvdel af Sundet till Syd for Vedbæk, men synes derpaa at mangle indtil ned mod Stevns.» Av ovanstående fyndortsförteckning framgår, att arten i Sundet går så långt som 16 à 18 m. djup står till förfogande, till trakten av Barsebäck, och att den även här (t. ex. st. 12 och 13) är tillstädes i ganska betydande mängd. Att det av Hansen angivna upphörandet icke kan sammanhänga med botten- eller salthaltsförhållandena framgår dels av vad ovan nämnts rörande förekomsten, dels därav att arten är allmän genom både St. och L. Bält in i Östersjön, där den går ända upp öster om Gotland (Möbius).

Utbredningen är synnerligen omfattande (se närmare Stappers s. 110 ff. och Stephensen s. 86). Kattegatt: sällsynt i västra, okänd från östra inom området Skagen—Anholt, icke allmän i sydöstra delen av detta farvatten (Sverge—Anholt—Själland) (H. J. Hansen); Skagerack: norr om Skagen, (Metzger, H. J. Hansen), Gullmarfjorden; Norge, från Kristianiafjorden till Vadsö, 10—30 f., mycket allmän. Det är därför ej uteslutet, att utbredningen i norra Kattegatt modifieras av framtida forskningar. Inom Atlantområdet ligger sydgränsen vid Brit. öarna (Englands sydkust, Kanalen), i Nordsjön är arten mycket allmän (Ehrenbaum); den

[1] En motsvarighet härtill angives av Stuxberg 1880 s. 35 från Sibiriens ishav.

är angiven för nära nog alla det arktiska områdets olika delar, t. ex. O. Grönland upp till 76°. n. br.; Amerika från Labrador söderut till Cap Cod (Calman). N. och V. Spetsbergen; Sibiriska ishavet. Den anföres också från Stilla havet norr om Puget Sound. Även den batymetriska utbredningen är omfattande, 9—1222 m. Därest icke artens utbredningsbild inom skandinaviska havsgebit kulle i alltför hög grad förändras genom framtida undersökningar, uppvisar denna högarktiska och boreala form en liknande kvantitativ diskontinuitet, som anmärkes som möjlig ifråga om den i mycket överensstämmande *Michtheimysis mixta* (Lillj.).

8. Diastylis lucifera (Kröyer).

St. 25 5 ex., st. 31 2 ex., st. 35 och 37 1 ex., st. 39 1 ex., st. 42 1 ex., st. 46 8 ex., st. 49 2 ex., st. 50 54 ex., st. 51 2 ex., st. 52 17 ex.

Arten är förut känd endast från norra Öresund, där den vid Hellebæk uppges förekomma allmänt. Som framgår av fyndortsförteckningen uppträder arten konstant söderut till linjen Landskrona—Vedbæk å djupare lokaler, 23—52 m., oftast lerbotten. Under juli månad ha såväl hannar som äggbärande honor anträffats. Arten förekommer allmänt i Skagerack samt östra och södra Kattegatt, varifrån den intränger genom Stora Bält.

Utbredning: Norge till Vadsö, mycket allmän, 20—50 f.; Nordsjön, Brit. öarna; Nordamerikas ostkust, s. om Labrador till Gulf of Maine. Arten är således boreoarktisk och boreal.

9. Diastylis tumida (Lilljeborg).

St. 46 1 ex.

Denna av Lilljeborg från Kullen beskrivna art, som blott några få gånger erhållits i östra Kattegatt, från Fladen till Öresunds mynning, har endast iakttagits i 1 ex. å st. 46, ehuru den möjligen går till Ven.

Utbredning: Norge, söder om Lofoten, 30—300 f.; Brit. öarna (nordöstra England), 37—942 m. En rent boreal djupvattensform.

10. Brachydiastylis resima (Kröyer).

St. 52 3 ex.

I enstaka exemplar har denna art anträffats såväl i Skagerack som östra Kattegatt, söderut till linjen Kullen—Hesselö (Meinert, Hansen). Den enda lokal, varifrån den av oss erhållits, är st. 52, 23—25 m., sandblandad lera med skal.

Utbredning: Norge: Ostfinmarken mycket allmän, väst- och sydkusten, 6—20 f.; Karahavet; Spetsbergen; S. och O. Grönland till 70° 27'; Baffin Bay samt Nordamerikas ostkust (lat. 45° 04'). Arten tränger således från arktiska regionen in i boreala, där den inom Nordsjöområdet erhållits vid Shetland samt i Irländska sjön (Gilson).

11. Leptostylis villosa G. O. Sars.

St. 39 9 ex., st. 42 1 ex., st. 46 60 ex., st. 49 50 ex., st. 52 1 ex.

Denna av Sars från norska västkusten beskrivna art har tidigare observerats endast ett par gånger i Skagerack och Kattegatt, norr om Skagen, söder om Trindelen samt nordost om Anholt, 17½—100 f. (H. J. Hansen). I Öresund, där den hittills ej anträffats, går den söderut till området norr om Ven och förekommer regelbundet, ofta i mängd å de större djupen, 23—42 m., sand- ler- eller blandad botten.

Utbredning: Norge från Kristianiafjorden till Vadsö, under 60 f. (»a pronounced deep-water form» G. O. Sars); Brit. öarna (Shetland, Firth of Clyde). Den är således, såvitt man nu kan döma, boreal.

12. Pseudocuma longicornis (Sp. Bate).

Syn.: P. cercaria (v. Ben.)

St. 42 1 ex., st. 46 4 ex., st. 52 3 ex., st. 53 1 ex.

Denna art, som förut angifvits för norra Öresund (Hellebæk) förekommer icke allmänt men regelbundet inom området norr om Ven, 23—40 m., sand- eller lerbotten.

Utbredning: L. Bält (en enda gång), Odensefjord, Kattegatt, Skagerack; Norge till Vadsö (vid Lofoten mycket allmän å grunt vatten); längs Europas västkust och Brit. öarna in i Medelhavet till Sicilien. Arten är en boreal och atlantisk-mediterran grundvattensform.

13. Campylaspis rubicunda (Lilljeborg).

St. 25 3 ex., st. 49 1 ex., st. 52 3 ex.

Arten uppträder sparsamt, spridd över Skagerack och Kattegatt söderut till Odensefjord och Hellebæk. Från Kullaområdet stammar Lilljeborgs typexemplar. I Öresund når den sin sydgräns å den djupa stationen mellan Ven och Landskrona, där en gång i ett drag 3 ex. erhållits. Den synes förekomma under samma betingelser som i övriga skandinaviska farvatten, enstaka å större djup, 23—52 m., sandblandad eller ren lera.

Utbredning: Norge till Vadsö, 30—100 f.; s. om Nowaja Semlja; S. Spetsbergen; V. Grönland till c:a 77° n. br.; sydgränsen ligger inom Ostatlanten vid Skottland (Firth of Forth), inom Västatlanten vid Casco Bay (Smith) och Marthas Vineyard (Calman). Arten är således arktisk och boreal, förekommande å större djup (ned till 1977 m., Stebbing).

14. **Campylaspis costata** G. O. Sars.

St. 46 1 ex., st. 52 1 ex.

Först helt nyligen har denna art införlivats med vår fauna, funnen å två lokaler: Skagerack, 220 f. samt Kattegatt öster om Läsö, 30 f. (H. J. Hansen). De ovannämnda fyndlokalerna ge vid handen, att arten, ehuru tvivelsutan sällsynt, förekommer vida längre söderut, åtminstone till Sofiero, 23—40 m., lerbotten.

Utbredning: Norge till Vadsö, 30—100 f.; Nordsjön (Helgoland) och Brit. öarna (Skottlands västkust); 38—274 m. (Stebbing). Arten är sålunda en väsentligen boreal, sublittoral form.

Av de inom området anträffade 14 arterna äro 3 förut ej angivna för någon del av Öresund, nämligen: *Brachydiastylis resima*, *Leptostylis villosa*, *Campylaspis costata*. En vidsträcktare utbredning, än vad som framgick av tidigare uppgifter, ha följande 6 arter: *Lamprops fasciata*, *Leucon nasicoides*, *Diastylis lucifera*, *D. tumida*, *Pseudocuma longicornis* och *Campylaspis rubicunda*.

Ej anträffade, ehuru av H. J. Hansen angivna för Öresund, äro: *Leptostylis ampullacea* (Lillj.), Hornbæk och Hellebæk samt troligen *Diastylis rostrata* (Goodsir), sällsynt till Hellebæk.

Euphausiacea.

Ehuru utvecklade individer av till denna grupp hörande former aldrig anträffats, ha vid flera tillfällen ungdomsstadier erhållits planktoniskt, vilka icke kunnat säkert bestämmas. Sannolikt tillhöra de emellertid *Thysanoëssa inermis* (Kr.), en art med vidsträckt utbredning, tidigare ej veterligt känd från Sundet, men väl från St. Bält.

Mysidacea.

1. **Erythrops erythrophthalma** (Goës).

Syn.: E. goësii G. O. Sars.

St. 46 1 ex.

Det var ganska överraskande, att erhålla denna art i Öretvisten, 37—40m., då den är en utpräglad djupvattensform, som endast sällan iakttagits i Kattegatt (Trindelen, 18—30 f.) och Skagerack, 85 f., (H. J. Hansen). I Gullmarfjordens djupare delar har jag träffat arten i betydande antal tillsammans med *E. serrata* G. O. Sars.

Utbredning: Norge till Ostfinmarken; österut till Karahavet; Jan Mayen; V. och N. Spetsbergen; Västgrönland till 70° 30′; Amerikas ostkust: Massachusetts Bay; sydgränsen nås inom Nordsjöområdet samt vid Brit. öarna (Firth og Forth), (se vidare Stappers s. 131—132). Arten är sålunda arktisk och boreal.

2. **Erythrops elegans** G. O. Sars.

Syn.: E. pygmæa G. O. Sars.

St. 42 2 ex., st. 46 5 ex., st. 48 2 ex., st. 52 2 ex.

Denna art anges av H. J. Hansen från två lokaler i Kattegatt, Trindelen och Anholt. Vid våra undersökningar har den erhållits vid skilda tillfällen, söderut till st. 42, alltid å djup överstigande 20 m. och växlande botten.

Utbredning: Norge, norrut åtminstone till Trondhjemsfjorden, där den erhålles å betydligt grundare vatten än släktets övriga arter, »aldrig dybere ned end 10—12 Favne», och den går upp till 3—4 f. (G. O. Sars); Brit. öarna; Medelhavet. En boreal och atlantisk-mediterran art.

3. **Mysidopsis didelphys** (Norman).

St. 52 1 ex.

Erhållen samtidigt med *M. angusta* å st. 52. Den har förut iakttagits i Skagerack och östra Kattegatt, sydligast vid Anholt, 18—165 f. (H. J. Hansen).

Utbredning: Norge, söder om Lofoten, 30—150 f.; Brit. öarna; Atlanten väster och söder om Irland. Arten är sålunda boreal och atlantisk.

4. **Mysidopsis gibbosa** G. O. Sars.

St. 48 1 ex.

Från Kattegatt kännes denna art endast i 1 ex. från området norr om Läsö, 5—8 f. (Hansen). I Öresund har den iakttagits vid Hittarp, 20 m.

Utbredning: Norge, söder om Lofoten, 3—8 f.; Brit. öarna; Medelhavet. Bathym. förekomst 6—30 f. (Zimmer). En boreal och atlantisk-mediterran form.

5. **Mysidopsis angusta** G. O. Sars.

St. 52 10 ex.

Endast en gång har denna art tidigare iakttagits innanför Skagen, ssv. om Trindelen, 18 f. (Hansen). Från mellersta och södra Kattegatt är den ej känd. Den har erhållits utanför Lerhamn i ett halvt tjog exemplar, 23—25 m., sandblandad lera.

Utbredning: Norge, söder om Lofoten, 6—10 f.; Brit. öarna; Medelhavet. Bathym. förekomst 6—35 f. (Zimmer).

6. **Leptomysis gracilis** (G. O. Sars).

St. 52 4 ex.

Denna art har anträffats enstaka i Skagerack och Kattegatt, Trindelen och Anholt, 18—270 f. (H. J. Hansen). Inom Öresundsområdet erhållen endast å st. 52, 23—25 m.

Utbredning: Norge, från Kristianiafjorden norrut till Hardangerfjorden, 10—30 f.; Brit. öarna; Frankrike; Medelhavet. En boreal och atlantisk-mediterran art.

7. **Gastrosaccus spinifer** (Goës).

Syn.: G. sanctus (v. Ben), part.

St. 12 och 13 1 ex., st. 25 3 ex., st. 31 1 ex., st. 39 1 ex., st. 41 2 ex., st. 44 8 ex., st. 45 7 ex., st. 46 6 ex., st. 52 20 ex.

Denna eljes i våra hav mycket spridda art anges icke av Meinert och H. J. Hansen för sydöstra Kattegatt och Öresund. Den förekommer vitt utbredd i Skagerack och Kattegatt, varifrån den genom Bälterna går in i Östersjön söder om Femern ned mot Rügen och öster om Bornholms ostkust (H. J. Hansen). I Öresund har jag anträffat den söderut till Landskrona, — en enstaka individ t. o. m. söder därom — å i regel betydande djup, ned till 50 m., med bottenredskap, vadan den ej gärna kan åtminstone i större mängd ha levat pelagiskt. Eljes uppges arten vara väsentligen pelagisk.

Utbredning: Nordsjöområdet; Brit. öarna; Kanalöarna; Frankrike; vid Norge har den såvitt bekant icke iakttagits. Arten är sålunda atlantisk och boreal.

8. **Macropsis slabberi** (v. Beneden).

St. 27 1 ex., st. 45 1 ex., st. 48 talrik, st. 52 talrik.

Arten anges av Meinert och H. J. Hansen från Skagerack — där jag ofta haft tillfälle iakttaga den i exv. Gullmar- och Kosterfjordarna — samt norra och mellersta Kattegatt. Den är också erhållen i Kielerbukten, sällsynt (Möbius). I Öresund, där den träffats till trakten söder om Ven, är den, särskilt i norra delen, allmän å omkring 20 m:s djup.

Utbredning: En grundvattensform, som från Nordsjöområdet längs Europas västkust går ned i Medelhavet och Svarta havet.

9. **Praunus flexuosus** (Müller).

Denna för littoralregionen, framförallt Zostera- och algbältet, så karaktäristiska art erhålles i mängd inom hela området; enstaka individer träffas någon gång även djupare, så t. ex. st. 27, 17—21 m., och st. 46, 31—40 m., ehuru där möjligen pelagiskt.

Utbredning: Från Bottniska viken runt Skandinaviska halvön och Danmark söder om Lofoten; Nordsjön; Brit. öarna; Frankrikes västkust. En boreal och atlantisk art.

10. **Praunus neglectus** (G. O. Sars).

St. 46 1 ex.

Arten synes endast förekomma inom littoralregionen i områdets norra delar (Hansen, Lönnberg: Skelderviksområdet), tillsammans med *Pr. flexuosus*, med vilken den möjligen torde vara förbunden genom övergångsformer. Åtminstone peka mina iakttagelser från Bohuslän, där den är vida talrikare, i denna riktning. Zimmer (1909) sammanför också dessa bägge former.

Utbredning: Kattegatt, Skagerack; Norge till Lofoten; Nordsjön; Brit. öarna; Kanalöarna. En väsentligen boreal littoralform.

11. **Praunus inermis** (Rathke).

Liksom *Pr. flexuosus*, tillsammans med vilken denna regelbundet förekommer, är *Pr. inermis* karaktärsdjur inom littoralregionen; dock synes den undvika det allra grundaste vattnet och uppträder i större antal först vid omkring 5 m:s djup. Oftare än *Pr. flexuosus* erhålles *Pr. inermis* å ren slikbotten och större djup, t. ex. st. 27, 17—21 m., talrik; st. 44, 37—42 m.

Utbredning: Från Stockholmstrakten längs Skandinaviska halvön och Danmark till Ostfinmarken; Murmankusten och Vita havet. Även anmärkt från Spetsbergen (1 ex., Kröyer). Brit. öarna; sydgräns vid Kanalöarna. Arten är således boreoarktisk och boreal.

12. **Schistomysis spiritus** Norman.

St. 49 1 ex.

Arten hör otvivelaktigt till våra sällsyntare mysider, som sedan gammalt uppges förekomma på grunt vatten inom danska kustens littoralregion vid Hellebæk och Gilleleje. Från dessa trakter stammar också det ex., som erhållits vid våra undersökningar.

Utbredning: Kattegatt, Skagerack; Norge (Lister, G. O. Sars); Nordsjön; Brit. öarna; Frankrikes nordkust. En övervägande boreal art.

13. **Schistomysis ornata** (G. O. Sars).

St. 25 2 ex., st. 46 1 ex., st. 48 7 ex., st. 50 6 ex., st. 52 3 ex.

Denna möjligen pelagiska art anges av Hansen från ett flertal lokaler i Skagerack, Kattegatt, norra Öresund samt västligaste Östersjön. Inom Öresundsområdet synes den icke förekomma söder om Landskrona, men uppträder längre norrut ej alltför sällsynt, 20—52 m.

Utbredning: Norge till Lofoten (15—50 f.); Islands sydkust; Brit. öarna; Frankrikes västkust (Concarneau). Arten således boreal och atlantisk.

14. Michtheimysis mixta (Lilljeborg).

St. 5 3 ex., st. 6 talrik, st. 7 20 ex., st. 8 70 ex., st. 12 och 13 70 ex., st. 10 och 15 70 ex., st. 13 15 ex., st. 18 och 20 250 ex. (många unga), st. 22 33 ex., st. 25 > 1000 ex. (endast få fullvuxna), st. 26 talrik, st. 27 10 ex., st. 28 1 ex., st. 29 talrik, st. 30 6 ex., st. 31 > 1000 ex., st. 36 6 ex., st. 35 och 37 400 ex., st. 38 20 ex., unga, st. 39 70 ex., st. 41 2000 ex., st. 42 1000 ex., st. 44 8 ex., st. 46 > 1300 ex., st. 48 9 ex., st. 49 > 300 ex., st. 50 50 ex., st. 51 talrik, st. 52 massor, st. 53 a 11 ex.

Det vilar ett oförklarligt dunkel över kännedomen om denna arts förekomst inom stora delar av skandinaviska havsområden. G. O. Sars m. fl. ange den från skilda delar av Norge från Ostfinmarken till Kristianiafjorden. Hos Meinert får man vidare veta, att den längs västkusten går in i Östersjön, där den når ända upp i Bottniska viken, men samtidigt att den »kun er fundet spredt og enkeltvis» i Sundet jämte ett par andra lokaler. Den förra uppgiften grundas sålunda icke på danskt material. H. J. Hansen framhåller uttryckligen, att arten icke kännes från Västerhavet, Skagerack och egentliga Kattegatt. Svårförståelig är dock uppgiften hos samma författare, att den även i Sundets norra del är obekant, i det att, hur man än vill räkna gränser, Lilljeborgs typexemplar stamma antingen härifrån eller från sydöstra Kattegatt. Därtill kommer att Lönnberg angivit arten utom från mellersta Sundet även från Skelderviksområdet.

I syfte att lämna ett bidrag till utbredningsfrågan har jag här ovan givit en utförlig förteckning å samtliga de många lokaler, där arten erhållits i större eller mindre mängd. I samband härmed må det tilläggas, att jag erhållit en del ex. av *M. mixta* även inom Skagerack, i Brofjorden (1913). Efter detta konstaterande av dess förekomst i Skagerack, tvekar jag ej att hänföra den även till norra Kattegatt på grundvalen av ett i Köpenhamns museum befintligt av C. G. Joh. Petersen signerat ex., vars bestämning med orätt — säkerligen på grund av lokaluppgiften — försetts med ?. En granskning av artens förekomst inom Öresund ger vid handen, att den inom hela områdets sublittoralregion är ett synnerligen utpräglat karaktärsdjur, som praktiskt taget icke någonstädes saknas under 20-metersgränsen. Den erhålles med olika bottenredskap i stort antal, å somliga stationer i tusental under en kvarts drag, mängder, vilkas motstycke endast *Diastylis rathkii* å vissa lokaler har att uppvisa. Otvivelaktigt lever den omedelbart ovan bottnen, däremot icke egentligen pelagiskt, enligt vad våra undersökningar utvisa. Så vitt jag har mig bekant, har ett motsvarande massuppträdande tidigare iakttagits endast i Östersjön (H. J. Hansen). Klart är, att *M. mixta* just på grund av denna massförekomst måste spela en viktig roll som näring för andra organismer, icke minst för fiskarna (Schiemenz, Apstein), ett förhållande, som torde böra understrykas, då faunaelement med artens biologiska villkor svårligen låta sig säkert uppskattas genom boniteringsundersökningar enligt Petersens metod.

För att närmare belysa artens batymetriska förekomst anför jag här en sammanställning av utbytet från de under juliexpeditionen 1914 enligt fullt jämförbara metoder undersökta stationerna.

	St.	St.	St.	St.	St.	
< 20 m.	12 o. 13 (17—19 m.)	10 o. 15 (18 m.)	28 a (15—17 m.)	36 (13—15 m.)	38 (16—17 m.)	
Antal ex.	70	70	—	6	20	
20—30 m.	18 o. 20 (25 m.)	39 (28—30 m.)	41 (20—21 m.)	42 (26—30 m.)		
Antal ex.	250	60	2000	1000		
> 30 m.	25 (45—52 m.)	31 (30—34 m.)	35 o. 37 (30—36 m.)	44 [1] (37—42 m.)	46 (31—34 m.)	49 (33—42 m.)
Antal ex.	> 1000	> 1000	400	1	> 1300	> 300

Frekvensen undergår vid omkring 20 m., möjligen redan vid 18—19 m., en betydlig ökning. Då arten är utpräglat euryhalin och, bortsett från att den saknas å hård botten, ej visar bestämd förkärlek för något visst bottenslag, måste djupförhållandena här vara avgörande.

Utbredningen i övrigt är vidsträckt, omfattande såväl arktiska som boreala havsområden: Vita havet och Murmankusten; V. och O. Grönland till 73° 30′; Nordamerika norr om Massachusetts Bay (se STEPHENSEN); däremot synes den saknas i Nordsjön. Skulle det visa sig, att *M. mixta* i Kattegatt och Skagerack uppträder i väsentligt underlägsen frekvens, vilket är möjligt, ha vi här ett exempel på en kvantitativ diskontinuitet i utbredningen av denna arktiska och boreala art.

15. **Neomysis vulgaris** (THOMPSON).

Arten förekommer i stort antal inom vegetationsområdets övre del tillsammans med *Praunus*-arterna, utbredd över hela Sundet. Stundom har den enstaka anträffats även å djupare lokaler, så t. ex. st. 25.

Utbredningen är vidsträckt och omfattar Östersjön upp i Bottniska viken, Bälterna, Kattegatt, Skagerack; Norge söder om Trondhjemsfjorden, däremot ej Finmarken (jfr ZIMMER); Nordsjön; Brit. öarna. Arten är sålunda boreal.

—

Till de i min förra förteckning upptagna 10 arterna komma nu ytterligare 5. Nya för Öresund äro: *Erythrops erythrophthalma*, *E. elegans*, *Mysidopsis angusta*, *M. didelphys*, *M. gibbosa*, *Leptomysis gracilis*, *Gastrosaccus spinifer*, *Macropsis slabberi*.

Med undantag för *Mysis oculata* (FABR.) (se s. 74) ha samtliga förut från området kända arter anträffats.

[1] Draget gjordes å hård botten.

Decapoda.

1. Pandulus montagui Leach.

Syn.: P. annulicornis Leach.

St. 18 och 20 4 ex., st. 22 6 ex., st. 25 1 ex., st. 35 och 37 5 ex., st. 38 1 ex., st. 39 8 ex., st. 42 26 ex., st 44 4 ex., st. 46 60 ex., st. 49 35 ex., st. 50 3 ex., st. 51 1 ex., st. 52 2 ex., st. 53 a 1 ex.

Denna i Kattegatt och Skagerack allmänna art, som av Meinert angives för Öresund och Bälterna och av Lönnberg anträffats ganska talrikt förekommande i närheten av st. 26, uppträder tämligen allmänt söderut till trakten av Landskrona å växlande botten, lera, hårdbotten med eller utan algvegetation, ren sand, 17—52 m.; anmärkningsvärd frekvensökning å djupare lokaler.

Utbredning: Östersjön (Kielerbukt); Norge—Murmankusten; V. Grönland till 69^0 14′; Amerikas ostkust från Labrador till söder om Cap Cod; även angiven för norra delen av Stilla oceanen. Sydgränsen ligger vid Brit. öarna, väst- och sydkusten, och Kanalöarna. Arten är således boreal och boreoarktisk.

2. Pandalus borealis Kröyer.

St. 25 1 ex., st. 46 1 ex., st. 51 1 ex.

Sedan länge har denna arts förekomst inom de djupare bohuslänska fjordarna, 90—220 m., varit välbekant, ehuru det egentligen var först i slutet av förra seklet, som man genom förbättrade fångstmetoder kunde konstatera dess massuppträdande. Genom undersökningar 1909 kunde jag påvisa, hurusom arten i det mera slutna fjordområdet i leden till Uddevalla, Kalfö-, Kolje- och Borgilafjord, bildade ett i viss mån isolerat bestånd, som emellertid sannolikt genom vattnets försämring redan 1910 var i det väsentliga utdött. Mest anmärkningvärt var, att djupet där icke obetydligt understeg, vad som i litteraturen allmänt angavs, samt att också salthalts- och temperaturförhållandena voro avvikande från de inom utbredningebitet i övrigt förhärskande. Sålunda observerade jag, att arten i stora massor levde å 30—65 m:s djup, ja t. o m. vid ett tillfälle så grunt som 18 m. Inom fjordgebiten varierade bottenvattnets temperatur mellan $3^0,35$—$5^0,42$ C och salthalt mellan 28,39 ‰—29,00 ‰. I öppna havet förekommer *P. borealis* såväl i djuprännan längs vår västkust som i Skagerack, exv. norr om Skagen, 205—250 m., samt i Kattegatt sydost om Läsö, 68—117 m. (Petersen och Levinsen, Björck). Sydgränsen befanns vid förut utförda undersökningar ligga något norr om Anholt, 68—70 m. Arten är karaktärsdjur inom våra farvattens medeldjupa områden, omkring 100 m. Om det också genom senare iakttagelser blivit uppenbart, att dess anpassningsförmåga är större, än vad man tidigare trott, var det mycket överraskande, att under oktoberexpeditionen 1913 erhålla ett par ex. av arten så långt söderut som vid Hellebæk å djup, som i hvarje

fall icke översteg 40 m., lerbotten. Förekomsten av *P. borealis* så långt söderut bekräftades ytterligare under sommarexpeditionen 1914, i det att därunder en hanne erhölls å den 50 m. djupa stationen vid Landskrona.

Utbredning: Norge till Ostfinmarken; Murmankusten, Barents hav; Karahavet; Spetsbergen utom nord- och östligaste delarna; V. Grönland till 70°42′, O. Grönland söder om 65°37′; Nordamerikas ostkust från Nova Scotia till ungefär Cap Cod. Norra Stilla oceanen söderut till 46° n. br. Sydgränsen inom Nordsjöområdet, där arten erhållits sällsynt å södra delen av Doggersbank, 40 m. (WEDEMEYER), samt i Öresund. Arten är väsentligen boreoarktisk och boreal och träffas i regel i vatten med positiv temperatur (H. J. HANSEN).

3. Pandalina brevirostis (RATHKE).

St. 27 1 ex., st. 35 och 37 1 ex., st. 39 5 ex., st. 46 6 ex., st. 49 17 ex., st. 50 3 ex., st. 51 3 ex., st. 52 10 ex.

Arten, som i södra Kattegatt icke är sällsynt, har förut ej anträffats i Sundet söder om Hellebæk. Den förekommer där regelbundet söderut till mellan Ven och Landskrona, 17—42 m., lera med eller utan algvegetation.

Utbredning: Skagerack; Norge till Malangen; Barents hav, 192 f. (HOEK, teste H. J. HANSEN); runt Brit. öarna och längs Västeuropa till Medelhavet och Adriatiska havet. Bortsett från det isolerade fyndet å lokalen i Barents hav, där dock bottentemp. var positiv, förekommer arten endast inom boreala och atlantisk-mediterrana regionen.

4. Spirontocaris gaimardi (MILNE EDWARDS).

St. 3 3 ex., st. 7 1 ex., st. 13 30 ex., st. 12 och 13 1 ex., st. 16 1 ex., st. 18 och 20 2 ex., st. 22 20 ex., st. 31 2 ex., st. 35 och 37 2 ex., st. 38 6 ex., st. 39 1 ex., st. 41 12 ex., st. 42 7 ex., st. 44 2 ex., st. 46 10 ex., st. 49 55 ex., st. 51 1 ex.

Denna art är inom undre littoral- och sublittoralregionen i området norr om Barsebäck en av de allmännaste dekapoderna och förekommer å mycket växlande botten, framförallt lera med alger.

Utbredning: Östersjön (Kielerbucht), Bälterna, Kattegatt, Skagerack; Norge, till Ostfinmarken. Inom arktiska och boreoarktiska områden en mycket vidsträckt utbredning; V. och O. Grönland till 78°17′ och 77°35′ resp.; österut till Karahavet; längs Nordamerikas ostkust från Labrador till Cap Cod. Även Berings hav och norra Stilla havet, där den vid Amerikas västkust når söderut till 57° n. br. Inom östra Atlanten ligger sydgränsen vid Skottland, Firth of Clyde och Firth of Forth, samt Kielerbukten. Arten når således från högarktiska områden den boreala regionens sydgräns.

5. **Spirontocaris pusiola** (Kröyer).

St. 46 1 ex., st. 49 2 ex.

Arten är ej tidigare anträffad inom Öresund eller sydöstra Kattegatt. Sällsynt uppträder den i Skagerack, övriga Kattegatt och Stora Bält. Den har två gånger erhållits i Öretvisten å blandad ler-, skal- och algbotten, 28—42 m.

Utbredning: Norge till Ostfinmarken; Murmankusten; Västspetsbergen; N. Amerikas ostkust från S:t Lawrence-golf till söder om Cap Cod. Sydgränsen inom Ostatlanten vid Skottland, Irländska sjön och Kanalöarna. Även norra Stilla havet. Arten är sålunda boreal och boreoarktisk.

6. **Spirontocaris spinus** (Sowerby.)

St. 46 1 ex.

Av denna i våra hav mycket sällsynta form har tidigare under svenska och danska undersökningar mig veterligt endast några få ex. erhållits, Gullmaren, Väderöarna, (Goës, Lagerberg, Björck), sydvästra Kattegatt vid Samsö (Meinert). Överraskande var det, att i Öretvisten, 31—34 m., lerbotten erhålla ett ganska stort ex. (juli 1914).

Utbredning: Norge, söderut till Bergen; Vita havet; Barents hav; Spetsbergen; V. och O. Grönland till 77° 30′ och 74° 30′ resp.; Arktiska Amerika samt från Labrador till Cap Cod. Även Berings hav och norra Stilla havet. Sydgränsen ligger inom Nordsjön (56° n. br), Brit. öarna (Skottlands västkust och Irlands nordkust, se H. J. Hansen 1908 s. 58, Stappers s. 146) och Öresund. Arten förekommer sålunda från högarktiska ned i boreala områden.

7. **Spirontocaris lilljeborgi** (Danielssen).

Syn.: Hippolyte securifrons Norm.

St. 34 1 ex., st. 39 1 ex., st. 42 1 ex., st. 44 1 ex., st. 46 9 ex., st. 49 4 ex., st. 53 1 ex.

Denna art, som i Skagerack, 50—535 m., är mycket allmän tillsammans med *Pandalus borealis*, har nyligen angivits för Öresund (Stephensen). Den förekommer där ej alltför sällsynt söderut till Ven, 23—42 m., lerbotten.

Utbredning; Kattegatt; Norge till Ostfinmarken; Murmankusten; sydvästra Grönland; Nordamerikas ostkust från Nova Scotia till 37° n. br.; Brit. öarna (Firth of Clyde). Arten är sålunda boreal och boreoarktisk.

8. **Hippolyte varians** Leach.

st. 13 (?) 1 ex., st. 17 1 ex., st. 38 1 ex.

Arten, som i Skagerack och Kattegatt, framförallt dess västra del, är ganska allmän inom Zostera- och algbältet, är förut angiven från Hellebæk. I Öresund är den uppenbarligen mycket sällsynt, anträffad endast i tre ex., 16—25 m., sandblandad lera och alger.

Utbredning: Norges syd- och västkust; Färöarna; runt Brit. öarna och längs Västeuropa till Medelhavet och Adriatiska havet. Arten är således en boreal och atlantisk-mediterran form.

9. **Leander squilla** (Linné.)

Förekommer överallt inom littoralregionen bland Zostera och alger.

Utbredning: Östersjön från Åbo och Stockholms skärgårdar samt längs Danmarks och Skandinaviens kuster till Norges västkust. Längs Brit. öarna och Västeuropa söderut till Kanarieöarne. Medelhavet, Adriatiska och Svarta havet. En boreal och atlantisk-mediterran littoralform.

10. **Leander adspersus** (Rathke).

Syn. Palæmon fabricii Rtk.

Tillsammans m. föreg. mycket talrik inom littoralregionens vegetationsområden.

Utbredning väsentligen sammanfallande med föregående arts.

11. **Crangon crangon** (Linné)

Syn: C. vulgaris Fabr.

Ytterligt allmän inom hela littoralregionen å mycket varierande botten, t. ex. sand med Zostera, alger och sandblandad lera (framförallt äggbärande honor), i regel grundare än 20 m., oftast under 10 m. Emellertid erhållas i Öresund såväl som i Kattegatt och Skagerack en del individer även på djupet: st. 46 å 31—40 m. 5 ex. samt st. 52, där bland cirka 100 individer av följande art 5 ex. *Cr. crangon* iakttogos. De i Lundåkrabukten å ren sandbotten levande individerna visade en påfallande färgöverensstämmelse med den ljusa bottnen, i det att det svarta pigmentet knappast framträdde.

Utbredningen är vidsträckt: Östersjön från trakten av Gottland, Bälterna, Kattegatt, Skagerack; Norge till Ostfinmarken; Murmankusten; längs Brit. öarna och Västeuropa till Medelhavet; Nordamerika från S:t Lawrence-golf till Cap Hatteras; Stilla havet

12. Crangon allmanni Kinahan.

St. 2 1 ex., st. 5 1 ex., st. 6 1,ex., st. 7 2 ex., st. 18 och 20 7 ex., st. 20 3 ex., st. 22 2 ex., st. 25 25 ex., st. 26 3 ex., st. 28 1 ex., st. 29 3 ex., st. 31 8 ex., st. 34 3 ex., st. 35 8 ex., st. 37 16 ex., st. 35 och 37 13 ex., st. 38 8 ex., st. 39 talrika ex., st. 42 mycket talrik, st. 44 10 ex., st. 46 mycket talrik, st. 49 15 ex., st. 50 9 ex., st. 51 mycket talrik, st. 52 mycket talrik, st. 53 a. 10 ex.

I sin bearbetning av arktiska områdets dekapoder har Doflein uppfört *Cr. allmanni* som en underart av *Cr. crangon*, *Cr. crangon allmanni*. Redan dessförinnan hade Lönnberg (1898) framställt en förmodan, att övergångsformer skulle förbinda de båda arterna. Detta antagande kunde i viss mån anses styrkt av den av Goës och Lagerberg påpekade omständigheten, att vår svenska *allmanni*-form står *Cr. crangon* närmare än den engelska, av Kinahan beskrivna genom frånvaron av taggen å de första pereiopodernas merus. Som av Kinahans senare arbete framgår, härrör denna »frånvaro» endast av en feltecknad figur, som rättats i texten (s. 71). Emellertid föreligga två skäl, som oavsett mycket karaktäristiska skillnader i byggnader, tala för artberättigandet, dels den av Sars konstaterade ej obetydliga differensen hos larvformerna — och för crangonidfamiljen har man just härutinnan funnit viktiga hållpunkter för systematiken — dels också den konstanta olikheten i batymetrisk utbredning.

Ehuru detta senare förhållande på grund av de mindre betydande djupvariationerna inom Öresundsområdets skilda delar icke kan bli lika markant som längre norrut, så är det dock. som förut antytts, tydligt iögonenfallande. Visserligen faller undre gränsen för *Cr. crangon* något inom den övre för *Cr. allmanni*, men i stort sett är den förstnämnda arten även i Öresund en lika typisk littoralform, som den senare är sublittoral. Belysande är i detta hänseende den redan anmärkta iakttagelsen å st. 52.

På grund av Lönnbergs uttalade förmodan, att övergångsformer möjligen skulle vara tillfinnandes i Öresund, har jag emellertid gjort en närmare undersökning å ett stort antal individer av olika kön, varvid jag kunde konstatera, att arterna här äro lika väl skilda som annorstädes (Björck 1913 s. 14).

Cr. allmanni angives av Lönnberg förekomma enstaka på djupare vatten, och anföras såsom lokaler: sydost om Ven, 30—33 m. och Landskronadjupet, 45 m. Förklarligt nog har denna uppgift undgått Stephensen, som anför Hellebæk och Sundet mellan Samsö och Tunö såsom artens sydgränser. I enstaka exemplar träffas arten ännu sydligare, till trakten söder om Barsebäck. Talrikt erhålles den å de båda nämnda lokalerna (ungefär motsvarande st. 25, 32—52 m., lera m. död Zostera). Sydgränsen ligger alltså i Sundet ungefär vid linjen Landskrona-Vedbæk. Arten bildar ett konstant och talrikt element i slikbottnens fauna å djup överstigande 20 m. och anträffas endast undantagsvis ovan denna gräns.

Utbredning: Kattegatt, särskilt östra delen, Skagerack; Norge till Ostfinmarken (Nordgaard); Murmankusten, Vita havet; Nordsjön; runt Brit. öarna. Arten är sålunda en boreal form, som intränger i boreoarktiska regionen.

13. Cheraphilus bispinosus (Hailstone).

Syn. C. nanus Kr.
C. neglectus G. O. Sars.
St. 13 1 ex., st. 48 6 ex., st. 52 4 ex.

Denna lätt översedda form, som tidigare genom Lilljeborg varit känd från trakten av Kullen, och som av Stephensen anges förekomma i Skagerack och Kattegatt söderut till Hellebæk, har iakttagits dels norrut allmännare, dels enstaka mellan Landskrona och Barsebäck, 17—25 m., sand eller lera.

Utbredning: Norges syd- och västkust, till Trondhjemsfjorden (Appellöf 1906); Islands sydkust (H. J. Hansen); Färöarna; Nordsjön; Brit. öarnas ost- och västkust. Således, så vitt bekant, en utpräglat boreal form.

14. Eupagurus bernhardus (Linné).

St. 6 1 ex., st. 10 och 15 2 ex., st. 19 ett par ex., st. 22 ett par ex., st. 30 1 ex., st. 36, 37, 38 och 39 talrika ex., st. 41 2 ex., st. 42 flera ex., st. 44 flera ex., st. 46 1 ex., 48 flera ex., st. 49, 50, 51, 53 och 53 a talrika ex.

Inom vissa delar av det undersökta området är denna art karaktärsdjur. Enligt Örsted förekommer den söderut till Ven, och av Lönnberg har den påvisats till i närheten av st. 28. Emellertid når den i enstaka individer, som av stationsförteckningen framgår, ännu ett stycke söderut; talrik blir den dock först i området kring Ven, vilket förklarar, att sydgränsen av Stephensen förlägges till Rungsted. (Fænö i L. Bält och Vresen i St. Bält.) I Kielerbukten har den dock någon gång iakttagits (Möbius.) Arten förekommer företrädesvis nedanför 18 m., å lerbotten, med förkärlek för de djupare stationerna. Endast sällan, t. ex. i Gräsrännans Zosteragebit har jag iakttagit arten inom typisk littoralregion, vilket är ytterst vanligt vid Bohuskusten. Inom Kattegatt och Skagerack uppges huvudutbredningen falla inom 15—30 m. (Stephensen). Emellertid har jag själv varit i tillfälle att konstatera arten talrik även å mera betydande djup, t. ex. norr om Skagen 205—240 m.

Vanligen leva större exemplar i skal av *Buccinum* och *Neptunea*, de mindre i sådana av *Littorina* och *Aporrhais*.

Utbredning: Norge till Ostfinmarken, Murmankustens västra del; Islands syd- och västkust; Färöarna; Nordsjön; runt Brit. öarna; genom Kanalen längs Frankrike och Portugal in i Medelhavet (troligen sällsynt). Vid Nordamerika från New Foundland till Chesapeak Bay, 45—37^0. Äldre uppgifter om förekomst i Berings hav dragas av

H. J. HANSEN (1908)i tvivelsmål. Således en boreal och atlantisk-mediterran art, som något intränger i boreoarktiska regionen.

15. **Eupagurus pubescens** (KRÖYER.)

St. 53 a 4 ex.

Denna för området nya art har tidigare enligt STEPHENSEN erhållits från ganska stora djup (90—259 m.) i Skagerack å flera lokaler, i Kattegatt, å omkring 30 m., i Ålbækbukten, vid Koppargrunden samt sydligast mellan Thunö och Samsö.

Utbredningen: Bohuslän (LAGERBERG); Norge till Ostfinmarken; från Murmankusten till Novaja Semlja; Spetsbergen; Ostgrönland (1 ex., Scoresby sund); Västgrönland till 72°37′; Amerikas ostkust från Labrador till 37° n. br.; norra Stilla havet. Sydgränsen nås inom Ostatlanten vid Brit öarna (England och Irlands västkust, FARRAN). Arten är sålunda arktisk och boreal. H. J. HANSEN understryker att den ej är högarktisk.

16. **Anapagurus chiroacanthus** (LILLJEBORG).

St. 53 a 1 ex.

Denna av LILLJEBORG från Kullen beskrivna art anges av STEPHENSEN endast mycket sällsynt förekomma i Kattegat till St. Middelgrund å omkring 35 m:s djup. Den går emellertid ännu längre sydvart, och det av mig iakttagna exemplaret har erhållits i Sundets mynning, 25—30 m., skalgrusbotten.

Utbredning: Skagerack, (Gullmarfjord m. fl. ställen, allmän); Norges syd- och västkust; Brit. öarna; således, såvitt bekant, en uteslutande boreal form.

17. **Anapagurus lævis** (THOMPSON).

St. 53 1 ex.

Av denna i Skagerack samt östra Kattegatt å större djup, 90—140 m., sällsynt förekommande art, som tidigare icke observerats vid svensk kust, har ett enstaka ex. erhållits sydväst om Kullen, 25 m., sandblandad lera. Som ny svensk lokal kan vidare anföras Gullmaren.

Utbredning: Norges västkust till 62° 30′; längs Europas västkust och Brit. öarna in i Medelhavet. Arten är således boreal och atlantisk-mediterran.

18. **Galathea intermedia** LILLJEBORG.

St. 49 1 ex.

STEPHENSEN förlägger för denna art — släktets otvivelaktigt allmännaste — sydgränsen mellan Ven och Taarbæk, men varken LÖNNBERG eller jag ha varit i tillfälle

att konstatera dess förekomst så långt in i Sundet. Det enda exemplar, som erhållits, stammar från norra Öretvisten, 28—30 m., skalgrus och lera. I Kattegatt är arten allmän inom littoralregionen, omkring 10—35 m., t. ex. vid Anholt, där den i stor mängd påträffats som maginnehåll hos torsk; i Skagerack känner man fynd från de största djupen, ex. 660 m.

Utbredning: Norge, söder om Lofoten; runt Brit. öarna och längs Västeuropa ned till Kapverdeöarna; Medelhavet. Således boreal och atlantisk-mediterran.

19. **Inachus dorsettensis** (Pennant).

St. 38 1 ex.

Arten, som förut ej torde ha erhållits söder om Hellebæk, är i Kattegatt tämligen allmän å jämförelsevis grunt vatten, 20—35 m., grus-, sand- eller slikbotten; sällan djupare. Det enda iakttagna exemplaret erhölls nordväst om Ven å 18—20 m., sandblandad lerbotten med skal och slagg.

Utbredning: Från Norges västkust (Trondhjemsfjord) längs Västeuropa söderut till Azorerna; Medelhavet och Adriatiska havet. En boreal och atlantisk-mediterran art.

20. **Hyas araneus** (Linné).

St. 16 1 ex., st. 29 1 ex., st. 46 1 ex., st. 49 5 ex.

Redan Örsted upptar arten från Sundet (Landskrona). Stephensen anger dess sydgräns vid Hellebæk; därjämte uppgives den från västra Östersjön yttre delen av Kielerbukten (Meinert). Arten har erhållits enstaka å skilda lokaler söderut till tvärs Taarbæk, 19—42 m., mer eller mindre ren lerbotten. Anmärkningsvärt är, att den uppträder sällsyntare än följande, vilket synes vara fallet även i Kattegatt (Stephensen).

Utbredning: Norge till Ostfinmarken; längs Europas nordkust till Karahavet; härifrån och till Ostkap har den ännu ej anträffats; Okotska havet; Amerikas ostkust från Labrador till Cap Cod; Västgrönland norrut till 69° 14′; V. och O. Spetsbergen; genom Nordsjön går den runt Brit. öarna till Kanalöarna och Nordfrankrike. Den omständigheten, att den saknas vid Ostgrönland, Jan Mayen och norra Labrador samt är sällsynt i Karahavet, synes mig tala för riktigheten av H. J. Hansens åsikt, att arten ej är högarktisk utan arktisk, måhända väsentligen boreoarktisk och boreal. Dofleins hävdande av circumpolaritet tarvar ytterligare bevisning.

Den batymetriska förekomsten växlar under olika betingelser; Stephensen uppger den i Kattegat från 2—30 m.; vid norska kusten 10—30 m. (Dons), inom arktiska trakter 15—70 f. (H. J. Hansen). Vid vår västkust erhålles den ofta från större djup. I Öresund karaktäriserar arten sublittoralregionen.

21. **Hyas coarctatus** Leach.

St. 34 2 ex., st. 44 4 ex., st. 46 1 ex., st. 49 8 ex., st. 51 2 ex., st. 52 1 ex., st. 53 4 ex., st. 53 a 13 ex.

Denna art är hittills, så vitt bekant, ej anträffad söder om Hellebæk samt Tunö—Samsösundet. Den är i Öresund norr om Ven ej sällsynt å djupa lokaler, 23—42 m., växlande ehuru merendels mjuk botten; med djupet synes frekvensen ökas. I Kattegatt liksom i Skagerack är arten allmän å 20—120 m.; i Gullmaren dock sällsyntare än *H. araneus*, vilket ej skulle vara fallet i öppna havet (Stephensen).

Utbredning: Längs Norge till Murmankusten (49° O); V. Spetsbergen; V. Grönland (till 70°); runt Brit. öarna; sydgränsen ligger inom Ostatlanten vid Kanalöarna och Nordfrankrike. Vid Amerikanska atlantkusten från Labrador förbi Cap Cod till New Jersey (cirka 40°), varjämte den träffats till havs ned mot Cap Hatteras. I norra Stilla havet från Berings sund till Korea—Puget Sound. H. J. Hansen (1908), senare Dons, korrigera Dofleins (se även Lagerberg) uppgift om circumpolaritet. Som synes, föreligger här lika liten anledning till ett dylikt antagande som för *H. araneus*. En närmare granskning av utbredningsområdet ger vid handen, att arten är boreal och arktisk ehuru påfallande mera boreal än *H. araneus* (Hansen, Dons). Beträffande den batymetriska förekomsten peka de överensstämmande uppgifterna här på en mera markera djupform, som träffas från 20—200 m., stundom, särskilt inom sydligaste delen av utbredningsområdet, betydligt djupare t. o. m. 1700 m. (Smith).

22. **Portunus depurator** (Linné).

St. 18 1 ex., st. 22 1 ex., st. 31 1 ex., st. 35 2 ex., st. 37 2 ex., st. 38 2 ex., st. 49 1 ex., st. 51 4 ex., st. 52 1 ex., st. 53 4 ex., st. 53 a 2 ex.

Arten, som förekommer allmänt i Skagerack och framförallt i Kattegatt, 35—125 m., går i Öresund till Ven och synes ej vara alltför sällsynt å djup från 16—42 m., mer eller mindre ren lerbotten, sällan alger.

Utbredning: Norge till Västfinmarken; Brit. öarna; längs Västeuropa till Medelhavet och Adriatiska havet. Arten är således boreal och atlantisk-mediterran.

23. **Portunus pusillus** Leach.

St. 51 1 ex., st. 53 a 1 ex.

Denna i Skagerack och Kattegatt (25—110 m.), särskilt kring Läsö trindel, förekommande art har förut ett par gånger erhållits vid Hellebæk. Säkerligen är den i Öresund liksom i södra Kattegatt sällsynt, och har jag endast sett ett ex., stammande från norra delen av det egentliga Sundsområdet, 25 m., sandblandad lera.

Utbredningen överensstämmer nära med föreg. arts; dock är *P. pusillus*, som har sin nordgräns vid Lofoten, angiven även för Västafrikas kust.

24. **Carcinus mænas.** (LINNÉ).

Arten, som går in i Östersjön åtminstone till Rügen (MÖBIUS), förekommer överallt inom strandbältets olika delar. Ej sällan anträffas yngre individer å större djup, varifrån de sedermera vandra in mot grundare vatten.

Utbredningen är mycket vidsträckt. Vid Europas kust från Nordkap till Kanarieöarna; Medelhavet; inom Ostatlanten från Nova Scotia till New Jersey; därjämte anges den från olika delar av Sydatlanten, Indiska och Stilla oceanen. (se H. J. HANSEN 1908).

Till den förra förteckningens 19 arter komma nu ytterligare 5: *Pandalus borealis*, *Spirontocaris spinus*, *Eupagurus pubescens*, den senare liksom *Anapagurus lævis* och *A. chiroacanthus* anträffade på gränsen till det geografiska Öresundsområdet, samt *Portunus pusillus*. För flera arter har utbredningen kunnat närmare preciseras.

Av i äldre litteratur från Sundet uppgivna ha icke återfunnits: *Lithodes maia* (L.), *Nephrops norvegicus* (L.), båda angivna för Ven, *Athanas nitescens* (MONT.), Vedbæk, känd som mycket sällsynt även från Kielerbukten (MÖBIUS) samt *Macropodia rostrata* (L.), Hellebæk (ÖRSTED); även från Kiel, sällsynt, (MÖBIUS). *Portunus arcuatus* LEACH, *Eurynome aspera* (PENN.), *Galathea nexa* EMBL., äro i enstaka ex. kända från sydliga Kattegatt ned till Hellebæk.

Pantopoda.

1. **Pycnogonum littorale** STRÖM.

St. 37 2 ex., st. 38 2 ex., st. 46 2 ex., st. 49 5 ex.

Denna art uppges av LÖNNBERG vara erhållen vid Råå. Redan ÖRSTED anger den för Kullen och Snekkersten, H. J. HANSEN för Hellebæk. Arten förekommer säkerligen regelbundet, ehuru ej särskilt allmänt i Öresund, söderut till Ven å djupare lokaler, 20—42 m., växlande botten.

Utbredning: L. Bält, Kattegatt, Skagerack; Norge till Ostfinmarken; Vita havet, Murmankusten; Islands västkust; Grönland (enligt FABRICIUS); Nordamerikas ostkust söderut till Long Island (40°); Nordsjön och Brit. öarna; Frankrikes västkust till Biskayabukten; stundom å betydande djup, ned till 742 m. Arten förekommer således från boreoarktiska till atlantiska regionen.

2. Nymphon mixtum Kröyer.

St. 18 och 20 2 ex., st. 22 2 ex., st. 34 4 ex., st. 37 1 ex., st. 39 11 ex., st. 42 7 ex., st. 46 22 ex., st. 49 8 ex., st. 50 1 ex.

Det är knappast möjligt att ange bestämda karaktärer för isärhållande av *N. grossipes* Fabr. och *N. mixtum*. Den individuella variationen är stor och ofta nog träffar man exemplar, som i ett hänseende visa den ena, i ett annat den andra artens kännetecken. Då jag här uppför de erhållna *Nymphon*-formerna under arten *mixtum*, oaktat jag är övertygad om riktigheten av Appellöfs uppfattning, att de nämnda arterna ej låta sig bestämt åtskiljas, sker det därför, att jag, i saknad av material för ett säkert avgörande av artfrågan, funnit dem närmast överensstämma med denna art.

Arten är i Öresund allmän inom hela området norr om Landskrona—Vedbæklinjen, vilken endast undantagsvis obetydligt överskrides. Tidigare har arten angivits för Sundets norra del, Hellebæk (H. J. Hansen), Råå (Lönnberg). Den förekommer talrikast å de större djupen, 30—40 m., ler- eller sandbotten och i varje fall ej under 20 m.

Utbredning: Östersjön, västligaste delen (Möbius); Norge till Ostfinmarken; Karahavet; Jan Mayen; Spetsbergen; V. och O. Grönland; Nordamerikas ostkust; Brit. öarna Arten är sålunda arktisk och boreal.

3. Nymphon gracile (Leach).

St. 50 1 ex.

Av denna art, som i våra farvatten enligt Hansen är den allmännaste, har jag endast iakttagit 1 ex. från norra delen av Sundet, 26—28 m., lera.

Utbredning: Bälterna, Kattegatt; Norge, syd- och västkusten; Holland; Brit. öarna; Frankrikes nordkust. Således en väsentligen boreal form.

III. Öresunds naturförhållanden.

1. Djup och bottenbeskaffenhet.

Då det gäller att påvisa orsaksförhållanden och lagbundenheter i de marina djurens utbredning, möter man en mångfald av faktorer, av vilka endast några få kunna till sin räckvidd ens tillnärmelsevis överblickas. Appellöf betonar i sina viktiga undersökningar över Nordhavets dekapoder, att temperaturen, salthalten och bottenbeskaffenheten äro de hithörande förhållanden, med vilkas betydelse vi gjort oss mest förtrogna. Säkerligen är det dock närmast så, att för en mängd former dels variationerna häri, dels kombinationen av dessa faktorer äro utslaggivande, icke förhållandena isolerade eller tagna var för sig. Att bottenbeskaffenheten i förening med djupet i många fall spelar den allra största roll även under likartade fysikaliska förhållanden, därå har C. G. Joh. Petersen lämnat de mest belysande exempel, vilka varje med havsbiologiska undersökningar sysselsatt lätt nog kan öka.

Salthalts- och temperaturförhållandenas reglerande inflytande få vi tillfälle att närmare belysa i samband med diskussionen av Öresundsområdets djurgeografiska karaktär. Säkerligen spela härvid variationerna från dag till dag och under skilda årstider en vida större roll än man tidigare varit böjd att antaga. I dessa förhållanden har man sannolikt att söka en av de närmaste orsakerna till den periodicitet i uppträdandet, som kan konstateras hos flera former.

Träffande har man karaktäriserat Öresund som en ryssja. Det är ej blott den yttre formen, som inbjuder till en dylik parallell. Genom de skilda naturförhållandena i olika delar av »Öresundsryssjan» gallras, liksom i en verklig ryssja de former, som norrifrån råka in i den. Börja vi vid den traditionella nordgräns, som löper längs linjen Kullen—Gilbjerghoved, så finna vi vid en blick på ett sjökort 20-meterskurvan gå mycket nära land framför allt vid Sverge. Större delen av havet här är 25 m. djupt och sydöstra Kattegatts 25—30 meters djupränna, kan sägas fortsätta omedelbart in i Sundet. Bortsett från Kullatrakten är stranden långsluttande. Söder om Viken närmar sig djupet successivt 30 m. och når i djuprännan Öretvisten, som sträcker sig ned till Hälsingborg, ända till 47 m. Inom detta område är danska kusten i regel mera långgrund än den svenska. Rännan forsätter söderut, i väster begränsad av det grunda sandflacket Disken (7—10 m.), nära svenska landet, med ett djup av i regel 28 m. Söder om

Disken vidgar sig djupbältet något, och 20-meterskurvan når västerut ej söder om Ven; öster därom fortsätter däremot djupet, vid vissa delar av Vens kustlinje ganska tvärbrant, förbi Landskrona, avbrutet endast delvis av den grunda Staffansbanken och når något söder härom områdets djupaste del, 50 m. Än längre sydvart knipes rännan, som nu alltmera grundat upp till omkring 25 m., samman, för att ungefär mitt emellan Landskrona och Barsebäck upphöra. Längs danska kusten möta vi en rad av grunda sandflack. Detsamma är fallet vid den svenska i Landskronatrakten, och söder därom vidtager Lundåkrabuktens långsluttande sandstrand. Närmare Sverge, i den nämnda rännans förlängning söderut, finner man något större djup, strax sydväst om Barsebäck t. o. m. en liten fördjupning över 20 m. Ju längre sydvart man når, dess mera grundar bottnen upp, och desto hårdare blir den (Lönnberg 1909), tills den 7—9 m. djupa banken Limhamn—Saltholm—Amager bildar en för det salta bottenvattnet svåröverkomlig tröskel mot Östersjön.

Efter denna korta översikt av Öresunds batymetriska förhållanden, där jag särskilt velat betona djuprännsystemets obrutna sammanhang med sydöstra Kattegatts och dess — skematiskt sett — upphörande strax söder om Landskrona, och där jag lagt huvudvikten vid 20-meterskurvans förlopp, vill jag på grundvalen av förnämligast våra egna undersökningar, men under hänsynstagande till Ørsteds och Lönnbergs tidigare iakttagelser samt sjökortets (dock ofta missvisande) uppgifter, söka ge en konturteckning av bottenbeskaffenheten inom området.[1]

Sedda i stort äro bottenförhållandena inom det undersökta området föga omväxlande. Övervägande inom de djupare partierna är den mer eller mindre rena leran (slik); på grundare vatten åter intar sanden lerans rum. Ren bergbotten är främmande för Öresundsområdet söder om Kullahalvön. Hård botten, bestående dels av stenar, dels av grövre sand eller skalgrus träffar man å enstaka ställen, så t. ex. norrut å st. 47 och 48 samt framförallt å den grunda Staffansbanken mellan Landskrona och Ven.

Som regel torde man kunna säga, att strändernas och de grunda flackens, exv. Diskens, sandbotten vid ungefär 20 m., något olika i skilda delar av Sundet alltefter strömförhållandena, går över i lera. Dock möter man också på större djup, fast till synes endast undantagsvis, sandbotten, så exv. st. 42, 23—35 m. Övergången är dock helt naturligt icke skarp, utan sanden uppblandas på sluttningarna alltmera med lera. I norra Öresund, st. 52 och 53, är leran sandblandad. Öretvistens botten utgöres i de djupare delarna av ren lera. Samma bottenart följer hela den förut omnämnda djuprännan sydvart. Här och var, så t. ex. i det stora djupet väster om Landskrona, där vattencirkulationen är mindre livlig, finner den ruttnande Zosteran en fristad. På sådana lokaler blir även själva bottnen genom de anhopade organiska produkterna mudder- eller gyttjeaktig.

[1] En mera detaljerad framställning härav kan icke nu givas, då våra undersökningar för kartläggning av bottenbeskaffenheten ännu ej utförts i den omfattning, som är nödvändig.

I det stora hela synes bottenbeskaffenheten i Öresund icke nämnvärt avvika från Kattegatts, sådan C. G. Joh. Petersen skildrar den i »Hauch»-expeditionens allmänna resultat. Lerans uppträdande på ringare djup karaktäriserar såväl Kattegatt som Öresund i jämförelse med Skagerack. Däremot har helt visst Petersen anlagt väl skematiska synpunkter, då han (s. 434) anger, att »Lerbunden gaar ikke stort syd for Kullen, den blandede Bund derimod gaar ind i den nordlige Del af Sundet til syd for Hveen.» Var och en, som varit i tillfälle att undersöka bottenmaterial, måste komma till den uppfattningen, att typisk lerbotten är förhanden åtminstone till strax söder om Ven.

I nära sammanhang med bottenbeskaffenheten stå vegetationsförhållandena. Häröver föreligga observationer av Örsted och Lönnberg. Då det ej ingår i min uppgift att ge en närmare framställning av hithörande förhållanden, och då från annat håll en undersökning är under utförande, skall jag inskränka mig till några korta antydningar i syfte att i sina huvuddrag ange vegetationsområdets omfång.

I Örsteds arbete (s. 23 ff.) urskiljas trenne olika bottenformer, området med sand nående ned till 13—15 m., hård botten med alger ned till 15—20 m. samt den mer än 20 m. djupa delen med lerbotten, vars förekomst ovan avhandlats. Beträffande algvegetationens karaktär gjorde Örsted gällande, att tre regioner borde urskiljas, från stranden ut till 2—5 famnar, grönalgregionen, »Regio Algarum viridium s. Chlorospermearum», därefter brunalgernas, »Regio Algarum olivacearum s. Melanospermearum», innefattande även Zosterabältet, ned till 7—8 famnar, samt sist rödalgernas zon, »Regio Algarum purpurearum s. Rhodospermearum», vars undre gräns anges till 20 famnar. Som Lönnberg framhållit, har denna indelning sina svagheter, som göra det vanskligt att upprätthålla den i dess ursprungliga skick.

Vegetationsområdet inom den översta delen av littoralregionen är i stor utsträckning upptaget av Zostera marina. Lönnberg uppger zosteran förekomma från ett par meter ut till 15 m. Sedan dessa undersökningar offentliggjordes, har Ostenfeld publicerat en ingående framställning av denna arts biologi. Den undre gränsen för grästångens förekomst sammanhänger nära med vattnets genomskinlighet och förlägges av Ostenfeld för Kattegatt till omkr. 11 m., för Öresund och Själlands nordkust till 8 ½—9 ½ m. Resultatet av sina undersökningar över Zosterans förekomst i Öresund sammanfattar Ostenfeld på följande sätt (s. 30). »I den nordlige Halvdel af Øresund fra Helsingør til Drogden er der god Aalegræsbevoksning fra Kysten til omtrent 4 ½ Favne, dog mange Steder med bare Pletter eller stærkt blandet med Alger. Den bedste Bevoksning er paa omkring 3 Favne.» Zosteraregionens undre gräns måste sålunda sättas vid omkring 9 m., ej vid 15 m. Men det är att märka, att också inom detta bälte särskilt brunalger på sina ställen äro dominerande, liksom även betydande områden, t. ex. stora delar av Lundåkrabukten, äro alldeles blottade på vegetation. Särskilt bör nämnas Fucus vesiculosus och F. serratus, vilka flerestädes, där bottnen är stenig, uppträda formationsbildande, t. ex. Barsebäck utanför hamnen, st. 36, i norra Öresund.

Delvis tillsammans med dessa arter, på djupare vatten demförutan, uppträder Laminaria, vilken ofta massvis erhållits i trålen; jag har antecknat Lundåkrabuktens yttre del, 17—19 m., Staffansbank, 15—17 m., st. 38, 16—17 m., st. 46, 31—34 m., st. 49, lodskott under draget 48, 42, 33 m. På alla dessa ställen ha emellertid florideer samtidigt erhållits i massor. Det är därför svårt att i Örsteds mening skarpt isärhålla dessa båda regioner.

Från zoologisk synpunkt knyter sig huvudintresset till att få avgjort, till vilket djup man är berättigad i Öresund räkna med en utvecklad algvegetation. Som redan framhållits, satte Örsted den undre vegetationsgränsen vid 36 m. Lönnberg omnämner, att Laminarian förekommer »åtminstone ut till 25 m.» I samma riktning kunna de ovan meddelade iakttagelserna anses tala, om man blott hade garantier för att redskapet icke befarit grundare regioner. Även om lodskott tagas under skrapningen kan nämligen skrapan eller trålen lätt nog hava gått över grundare områden, och man är under sådana förhållanden förhindrad draga bestämda slutsatser av draget. Det är så mycket mindre sannolikt, att algvegetationen når så djupt, som Kylin (s. 218) konstaterat, att den undre vegetationsgränsen vid Bohuslän ligger vid 35 m., ehuru redan vid 20—25 m. vegetationen är fattig i jämförelse med därovanför; vid Hallandskusten förlägger han gränsen till 25 m. Efter allt att döma kan man under dessa förhållanden endast norrut räkna med rikt utvecklad vegetation i de delar av Öresund, som befinna sig inom det saltare bottenvattnets rayon. Gränsen härför kan, som nedan framhålles, sättas vid omkr. 20 m. Nedanför denna gräns torde sålunda i regel den vegetationsfria slikbottnen vara förhärskande.

Till slut ha vi att med några ord beröra frågan om havsbottnens successiva förändring. I detta sammanhang bör erinras om, att rörbyggande bottendjur, där de uppträda i massor, kunna i ej oväsentlig mån inverka modifierande å de biologiska förhållandena. Så t. ex. åtskilliga annelider samt rörbyggande amfipoder, i främsta rummet *Haploops tubicola*, som å slikområdena är ett verkligt karaktärsdjur. Med öppen blick för denna djurarts talrikhet — på ett ställe 3500 individer pr kvm — och biologiska betydelse har, som redan framhållits, C. G. Joh. Petersen urskilt ett Haploops-samhälle, vars ungefärliga omfattning han antytt för östra och sydöstra Kattegatts vidkommande. Emellertid sträcker sig detta »samhälle» otvivelaktigt vida längre mot söder. Haploopsrör med levande djur finner man i massa å st. 39, i något mindre mängd å st. 35 och 37, men ännu å st. 31 kan Haploops-formationen, ehuru utspädd, påvisas. Vi torde alltså få sätta detta samhälles sydgräns vid Ven.

Av med tiden allt större räckvidd bli helt visst de förändringar, som de biologiska villkoren undergå genom den alltjämt ökade slagganhopningen i de delar av området, där ångbåtstrafiken är som livligast. Det gör ett egendomligt intryck, dtt finna en betydande mängd slaggklumpar, besatta med ett oftast mycket rikt djurliv, ingå som en ordinär beståndsdel i trålens eller skrapans innehåll. Särskilt

gäller detta om de nordligare stationerna i Sundets förträngda del, st. 49, 47, 44, 42 samt i fartygstraden väster om Ven, st. 38 och 36.

Ännu föreligger icke tillräckligt material för ett säkert bedömande av den roll, som slagganhopningen spelar. Klart är emellertid, att upplagringen av fastare beståndsdelar å den mjuka slikbottnen i allt större utsträckning begränsar möjligheterna för denna bottens typiska bebyggare, samtidigt som den öppnar betingelser för andra djurformer att där slå sig till ro. På samma sätt kunna slaggstyckena tjäna som underlag för alger och därigenom bidra till förändring av bottnens karaktär. Ofta ha vi sålunda erhållit *Stomphia* och *Urticina* på ren mjukbotten å underlag av slagg. Ophiuriderna visa en förvånansvärd färdighet i att utnyttja de nya resurserna. På slaggklumpar, som upptagits från lerbotten, ha ofta *Chiton*-arter talrikt iakttagits. En god illustration till slaggstyckenas betydelse som substrat erhöllo vi under vår senaste färd med »Skagerak», då vid en av Öre-tviststationerna ett litet slaggstycke (dimensioner omkr. 5×5×5 cm.), vägande vått 165 gr., erhölls, på vilket följande arter urskildes: *Stomphia coccinea* (O. F. Müll) 1 litet ex., *Ophiopholis aculeata* 14 ex., *Saxicava* sp. 1 ex., *Sertularia* sp. 5 kolonier samt dessutom talrika *Serpulider*.

Då frågan om slagganhopningars betydelse som modifierande faktor för vissa djurformers utbredning i Öresund skall bliva föremål för en mera ingående undersökning från annat håll, har jag här endast velat i korthet peka därpå.

2. De hydrografiska förhållandena.

Egendomligt nog har man ännu icke någon samlad framställning av Öresunds hydrografi. Bälterna äro i detta hänseende långt bättre utforskade. De första svenska expeditionerna ägnade uppmärksamhet åt farvattnen söder och norr härom och klargjorde i detalj det hydrografiska tillståndet i Östersjön, Kattegatt och Skagerack. I senare tid har den internationella havsforskningens huvudintresse i dessa nejder knutits till det betydelsefulla vattenutbytet genom St. Bält. De stationer, som plägat, ehuru ingalunda regelbundet, undersökas i Sundet, ha varit Flinträunan och Hälsingborg, medan det från biologisk synpunkt intressantare området i trakten av Ven icke indragits i dessa undersökningar. Allt hittills äro vi hänvisade att hämta vår kunskap så gott som uteslutande[1] från de observationer, som under åren 1891—93 samt delvis också 1894—96, fyra gånger årligen utfördes av den danska »Kommission for videnskabelig Undersøgelse af de danske Farvande.» För det syfte, som här närmast träder i förgrunden, en jämförelse mellan de hydrografiska förhållandena i Kattegatt och Öresund, torde de till grund för dessa arbeten liggande, enligt areometermetod utförda salthaltsbestämningar, som

[1] Hos O. Pettersson och G. Ekman finner man dock enstaka uttalanden även rörande Sundets hydrografi.

säkerligen med rätta skarpt kritiserats av O. Pettersson och G. Ekman, äga tillräcklig noggrannhet, även om de icke hålla måttet, då det gäller säkert avgörande av vattenslagens ursprung. På denna punkt ge dessutom Petterssons och Ekmans undersökningar för Kattegatts vidkommande de upplysningar, som torde vara av nöden för klarläggande av de förhållanden, som här ifrågakomma.

Det hydrografiska tillståndet får sin egentliga karaktär därav, att Öresund utgör en av förbindelselederna mellan Kattegatt och Östersjön. Norrifrån drives längs den ovan omnämnda fördjupningen i havsbottnen saltare vatten in i Sundet. Detta lager fyller som ett bottenskikt dess djupare delar. Pettersson och Ekman konstatera (1897 s. 18), att alla de danska längdprofilerna visa, huru underströmmens isohaliner av rätt betydlig salthalt kila ut mot norra sluttningen av den omkr. 7 m. djupa tröskeln. I motsatt riktning strömmar som en ytström Östersjöns mindre salta vatten ut mot Kattegatt. Obehindrat fortgår denna baltiska utström, i stort sett kontinuerlig, men av under skilda årstider olika mäktighet. Tröskeln mellan Malmö och Amager hindrar däremot i regel det salta bottenlagret att tränga in i Östersjön. Understundom, några få gånger om året, blir dock påfrestningen för stark och Kattegatt sänder även denna väg en kaskad in i Östersjön (M. Knudsen 1905 s. 36).

Vattenomsättningen i Öresund kan således i få ord uttryckas sålunda, att, medan vi ha att räkna med en ständig ytström från Östersjön mot Kattegatt, kan den saltare bottenströmmen i detta område blott vid enstaka tillfällen och ingalunda regelbundet denna väg nå in i Östersjön. Tillströmningen dit sker normalt genom St. Bält. På så sätt få vi i Öresund, liksom vid vår västkust i övrigt, schematiskt sett tvenne vattenskikt, ett ytlager med låg salthalt och ett bottenlager med högre salthalt samt däremellan ett mer eller mindre otydligt begränsat mellanskikt, som uppkommit genom blandning av de båda andra.

Spörsmålet, till vilket huvudintresset från biologisk synpunkt knyter sig, blir nu: vilka egenskaper utmärka detta bottenlager och hur långt sträcker sig dess inflytande i Sundet?

För klarläggande av dessa frågor är man hänvisad till de upplysningar, som de danska undersökningarna lämna[1]. I Öresund ha tre profiler undersökts. Den sydligaste (profil XI) sammanfaller med linjen Limhamn—Dragör, den mellersta (profil XII) går mellan Barsebäck och Saltholm, den nordligaste (profil XIII) mellan Landskrona och Vedbæk. För jämförelse med förhållandena i Kattegatt torde man lämpligen kunna begagna station 5 av profil IV, som skär Kattegatt i ost-västlig riktning något söder om Anholt.

Med hjälp av de talrika diagram och kartor, som på grundvalen av dessa rekognoseringar utförts, är det en icke alltför svår uppgift att påvisa en tydlig parallellism mellan de bägge områdena. Här må blott hänvisas till några endast beträffande ytförhållandena obetydligt förenklade längdsektioner genom Öresund, som stamma från det första observationsåret samt en tabellarisk sammanställning

[1] Se närmare »Beretning» etc.; sammanfattande referat i Björck 1913, s. 32 ff.

av de ur vår synpunkt intressanta stationerna, vilka meddelats i min föregående uppsats.

En dylik granskning ger vid handen, att salthalten i Kattegatts bottenlager från 18 m. nedåt i regel uppnår åtminstone 2,5—3,0 % och blott undantagsvis sjunker under 2,5 %, medan den icke sällan redan på detta djup uppgår till över 3 %. I Öresund kan man konstant återfinna dessa förhållanden söderut åtminstone till Landskrona, stundom, enligt KNUDSEN (1899 s. 41) framför allt höst och vinter, ännu längre, förbi Barsebäck. Salthalten är hos nämnda Öresundslager i regel endast obetydligt nedsatt, varierande vid 18 m. mellan 2,5 och 3,0 % (vid 5 observationer av 25 har en ringare salthalt än 2,5 % konstaterats, två gånger t. o. m. endast 1,25—1,63 %[1]). Med djupet tilltager salthalten till 3,3 %.

Beträffande temperaturförhållandena uppvisar Kattegatt såväl som Öresund ganska betydliga årliga variationer i ytvattnet, mindre i bottenlagren. I dessa är temperaturen i det stora hela överensstämmande i bägge områdena, med den av bl. a. KNUDSEN framhållna skillnaden mellan södra och norra Kattegatt, att i det förra området bottenvattnet under juni—augusti är kallare än i norra, från medio av september—medio av november åter varmare. Även överensstämma Öresundsförhållandena med angränsande Kattegattgebit i den årliga temperaturgången. Men i fråga om variationsgränserna föreligger en anmärkningsvärd avvikelse, så till vida, att den årliga amplituden i Öresund är mindre, i vissa fall avsevärt än å motsvarande djup i Kattegatt. Följande sammanställning, som omfattar 1896 års[2] undersökningar, låter detta förhållande klart komma till uttryck.

Djup i famnar	Temperatur						Salthalt					
	St. IV: 5 min.	St. XIII: 3 min.	St. IV: 5 max.	St. XIII: 3 max.	Amplitud St. IV: 5	Amplitud St. XIII: 3	St. IV: 5 min. %	St. XIII: 3 min. %	St. IV: 5 max. %	St. XIII: 3 max. %	Amplitud % St. IV: 5	Amplitud % St. XIII: 3
0	2°, 2, II	2°, 0 II	19°, 3 VIII	18°, 4 VIII	17°, 1	16°, 4	1,50 VIII	0,84 VIII	2,40 II	1,52 II	0,90	0,68
5	2°, 1 »	3°, 0 »	19°, 1 »	18°, 0 »	17°, 0	15°, 0	1,88 »	0,84 »	2,41 »	2,35 »	0,53	1,51
10	2°, 0 »	3°, 0 »	16°, 0 »	10°, 2 XI	14°, 0	7°, 2	2,19 XI	2,46 II	2,92 VIII	3,27 V	0,73	0,81
15	4°, 0 V	4°, 5 »	11°, 9 XI	11°, 0 »	7°, 9	6°, 5	3,13 II	2,74 »	3,32 »	3,31 »	0,19	0,51
20	3°, 6 »	—	11°, 5 »	—	7°, 9	—	3,20 »	—	3,32 V, VIII	—	0,12	—
25	3°, 6 »	—	11°, 1 »	—	7°, 5	—	3,25 »	—	3,37 V	—	0,12	—

[1] Vind och ström i motsatt riktning kunna starkt oroa de övre lagren, och på så sätt framkallas betydande variationer i deras sammansättning. I dessa bägge fall ligger »brottet» dock endast några få meter djupare, därav de låga salthaltsvärdena.

[2] Föregående år medgiva på grund av inkomplett observationsmaterial icke någon dylik jämförelse.

Också kunde den första bearbetaren av det 1891—93 insamlade observationsmaterialet, K. Rørdam, på följande sätt sammanfatta sitt omdöme (Rørdam s. 183): »Vesterhavsvand (d. v. s. vatten av 3,0—3,5 % salthalt) dækker Bunden av det nordlige Kattegat (Nord for Læsø) og sender herfra en mindre Gren syd paa ind i Läsø-Rende og en større Arm gennem den dybe Rende Øst for Anholt, hvor den deler sig med en vestlig Gren ned i Store-Bælt og en østlig Gren ned i Sundet. For det sydlige Kattegats saavelsom for Sundets Vedkommende kan 10 Favne Kurven med temmelig stor Nøjagtighed sættes som Grænselinje for Vesterhavsvandets Udbredelse, saa at det i Reglen ikke findes paa Dybder, der ere stort lavere end 10 Favne. Vesterhavsvand gaar i Sundet derfor kun lidet syd for Hveen og overskrider sikkert aldrig Drogden.»

Jag har anfört detta uttalande endast för att fastslå överensstämmelsen mellan de båda områdena i de allmänna hydrografiska villkoren. Emellertid bör det framhållas, att Rørdams karaktäristik av lagrens natur och ursprung av senare forskare uppvisats vara mycket otillfredsställande.

Pettersson och Ekman (1897 s. 16 ff.) ha närmare bestämt arten av bottenlagret i Kattegatt och Öresund, och rör det sig enligt dessa författare dels om nordsjövatten dels om bankvatten, som i någon mån utspätts, desto mera ju längre söderut man kommer.

Klart är alltså av dessa iakttagelser, att vi från ett djup av omkring 20 m. normalt finna Öresunds bottenlager söderut till trakten av Ven och Landskrona utgöras av vatten, som i salthalt och temperatur ytterst nära överensstämmer med motsvarande lager i angränsande delar av Kattegatt, med vilket det för övrigt sammanfaller även till sin härkomst.[1]

[1] En bekräftelse på riktigheten av denna slutsats lämna Ruppins nyare undersökningar av de hydrografiska förhållandena i Östersjön och St. Bält. Ruppin meddelar sammanställningar av månadsmedeltalen av fyrskeppsobservationerna för åren 1902—08 vid Anholt Knob, Schultzgrund och Lappegrundet (tyvärr kunna dock icke dessa tabeller ge upplysning om sydgränsen för det salta bottenskiktet).

Av intresse är härvid att erfara, hur 20 m.- och bottenobservationerna utfalla, varvid jag dock endast meddelar max. och min. av ifrågavarande månadsmedeltal.

	Station	20 m.	Botten
Salthalt:	Anholt Knob	29,3 ‰ (aug.)—32,5 ‰ (juni)	31,6 ‰ (aug.)—33,4 ‰ (juni)
	Schultzgrund	26,6 ‰ (sept.)—31,9 ‰ (juni)	28,7 ‰ (sept.)—32,5 ‰ (juni)
	Lappegrundet	27,3 ‰ (sept.)—31,8 ‰ (juni)	29,2 ‰ (febr.)—32,6 ‰ (juni)
Temperatur:	Anholt Knob	3°,3 (mars)—14°,9 (aug.)	3°,7 (mars)—12°,9 (sept.)
	Schultzgrund	3°,3 (mars)—13°,0 (sept.)	3°,6 (mars)—12°,4 (sept.)
	Lappegrundet	3°,7 (mars)—12°,0 (sept.)	3°,9 (mars)—10°,9 (sept.)

Härav framgår ju otvetydigt, att vid Lappegrundet amplituderna beträffande salthalten endast äro föga större än vid Anholt Knob, samt vid 20 m. och vid bottnen mindre än vid Schultzgrund. I temperaturen uppvisar Lappegrundet både vid 20 m. och vid bottnen mindre variationer än de båda övriga observationsplatserna. Och med kännedom om bottenreliefens inflytande finns ingen anledning att icke antaga fullt likartade förhållanden i hela djuprännan till dess uppgrundning i söder. Det bör anmärkas att bottenobservationerna stamma från något olika djup, Anholt Knobs från 28 m., Schultzgrunds från 26 och Lappegrundets från endast 23 m. De kurvor, som Ruppin konstruerat, ge även en mycket god illustration till den parallellism, som råder i fråga om bottenskiktens egenskaper vid de tre nämnda fyrskeppen.

IV. Öresundsområdets djurgeografi.

1. Historik.

Det är redan framhållet, att det svenska kustområdet såväl lokalfaunistiskt som djurgeografiskt är ytterst ofullständigt bearbetat. Enstaka djurgrupper finnas visserligen monografiskt behandlade, men man söker förgäves något allvarligt genomfört försök till klarläggande av evertebratfaunans sammansättning å olika lokaler av det slag, som Norges och Danmarks zoologiska litteratur har att uppvisa så många.

Örsteds arbete erbjuder för Öresunds vidkommande ett första sådant försök till att på grundvalen av områdets djur- och växtliv åstadkomma en allmän biogeografisk orientering. Han följer visserligen i sin begränsning hävdvunna geografiska råmärken. Men detta undanskymmer icke den naturliga samhörighet med de större angränsande havsgebiten, som han finner olika delar av Sundsområdet uppvisa. Då det gäller att närmare fastställa läget av den faunaförändring, som Örsted kunnat konstatera, så se vi honom stanna i närheten av Ven. Han fastslår att en mängd av de anförda formerna här ha sin sydgräns och fortsätter: (s. 83) »inopia, quæ mari Baltico propria est, iam spatio dimidii milliarii septentrionem versus a Hveen apparere incipit, ut australis freti pars cum mari Baltico omnino congruat.»

Sedan Örsteds dagar har Öresund endast underkastats den nämnda undersökningen av Lönnberg, varvid Sundets skilda delar varit föremål för rekognoseringar under trenne somrar, medan en fjärde ägnades åt södra Kattegatt. Resultatet av dessa forskningar har Lönnberg meddelat i en samlad framställning av Öresundsfaunans natur och ursprung (1898 s. 57 ff.).

Lönnberg har vid begränsningen av området förlagt nordgränsen till linjen Hittarp—Hellebæk, under framhållande av att härvid ett visst rum för godtycke är öppet; sydgränsen, som betecknas såsom »mycket mera utpräglad», bildas av ban-

ken mellan Malmö, Saltholm och Amager. Området inom dessa gränser representerar Öresund i Lönnbergs mening.[1]

Beträffande djurens utbredning inom Sundet anser sig Lönnberg kunna urskilja fyra olika klasser. Den första, ej så mångtaliga, klassen förekommer endast i Sundets norra del och tränger ej ned till Ven. Av under vår undersökning hörande former anföras som exempel *Nymphon mixtum*, vilken som ovan visats når längre sydvart. »Den andra klassen, som är den talrikaste, går genom största delen av Sundet och visar en rik utveckling i trakten af Landskrona och Hven. En del kanske stanna ett stycke söder om Hven, men den stora hufvudmassan går ned förbi Lundåkrabugten och Bärsebäck så långt som 18 m. (10 f:r) djupet sträcker sig och på sluttningen mot detta. Den tredje klassen omfattar en del härdigare former, som ännu befolka Lommabukten eller t. o. m. gå upp på banken mellan Malmö och Saltholmen». Däribland nämnas *Carcinus mænas* och *Spirontocaris gaimardi*, båda dock uppträdande även i västra Östersjön Den fjärde ej så artrika klassen omfattar de former, som gå långt in i den egentliga Östersjön, exv. *Crangon crangon*.

Till denna gruppering av faunan, vilken utan alltför stor svårighet låter förena sig med de resultat, som mitt studium av de malakostraka krustacéerna givit, återkommer jag i det följande. Den utövar emellertid intet egentligt inflytande på Lönnbergs diskussion av faunans härstamning.

Lönnberg har i allmänhet för varje djurklass lämnat en procentuell analys av dess olika element med hänsyn till geografisk utbredning i nära anslutning till Heincke (se s. 85). Han anser sig därvid kunna konstatera — vad som i viss mån redan Örsted framhållit — att de arktiska formerna icke blott dominera inom Sundet, utan också utgöra »en större del av faunan i sin helhet än hvad fallet är med den motsvarande i Kattegat. Öresunds fauna har alltså relativt en mera arktisk prägel än angränsande havsområde.» Lönnberg fortsätter: (1898 s. 65) »Men det är ej nog härmed. I Öresund träffas en del högnordiska djurarter, som antingen ej alls finnas i Kattegat eller kanske blott i dess sydligaste delar eller slutligen, äfven om de förekomma öfver större områden af Kattegat, likväl ej förefinnas i något större antal, förrän man kommer söderut». Denna uppfattning anser sig Lönnberg i huvudsak ha fått bekräftad av sina senare företagna Kattegattundersökningar (1903 s. 61.)

Förklaringen till dessa utbredningsförhållanden söker och finner Lönnberg däruti, att dessa arktiska element i viss mån *isolerats i Öresund*, sedan utbredningskontinuiteten sannolikt under Littorinatiden avbrutits. Anledningen till deras fortsatta kvar-

[1] Det torde böra anmärkas, att Lönnberg uttryckligen (1898 s. 2) betonar, att nordgränsen valts på grund av dess lämplighet och att han av denna sin uppfattning »föranledts att ej utsträcka sina undersökningar norr om denna gräns». Den erhåller vidare »ett visst geografiskt berättigande genom det utskjutande Hittarps ref.» Vad det första motivet angår, torde det utan närmare diskussion kunna lämnas å sido. Beträffande det sistnämnda anser jag mig skyldig framhålla, att det åberopade revet, som en blick å bifogade sjökort omedelbart ger vid handen, skjuter allenast något 1000-tal meter ut i nordvästlig riktning och i endast mycket obetydlig mån rubbar djupkurvans allmänna förlopp.

levande skulle vara den, att »Öresunds låga och ofta till följd af kombinerade ström- och vindförhållanden helt hastigt vexlande salthalt» ej skulle vara »så destruktiv gentemot de arktiska djuren som mot de sydliga och vesteuropeiska, hvilka endast kunna fördraga saltare vatten.» Det bevis, som Lönnberg lämnar härför synes mig allt annat än övertygande, och den framställning av Öresunds hydrografi, som givits här ovan, ger otvetydigt vid handen, att beträffande de djupare områdena, från omkring 20 m., inga sådana växlingar bestå. Sannolikt har av ett förbiseende Lönnberg icke kommit att taga hänsyn till de redan vid tiden för hans undersökningar föreliggande danska iakttagelser, som ovan refererats.

Som stöd för reliktteorien åberopar Lönnberg framförallt echinodermernas samt molluskernas utbredning. Det är mig icke möjligt att här ingå på en mera detaljerad kritik av de argument, som erhållits i dessa formers utbredningsförhållanden. Det torde knappast hellre vara nödvändigt. Blott så mycket må i förbigående anmärkas, att de av Lönnberg åberopade arktiska eller nordiska echinodermerna inom Sundet så gott som uteslutande träffats å djup som överstigit 18 m. och således måste framhärda i kattegattvatten (Björck 1913 s. 35—36). Vidare bör det framhållas, att Mortensen i sin intressanta diskussion av Grönlandsfaunans sammansättning till denna faunas atlantisk-boreala element hänför följande av Lönnberg som arktiska rubricerade Öresundsformer: *Asterias mülleri* (M. Sars), *Solaster endeca* (L.), *S. papposus* (L.), *Cribrella sanguinolenta* (O. F. Müll.), *Ophioglypha sarsii* (Ltk.), *Psolus phantapus* (Strussenf.) och *Phyllophorus pellucidus* (Flem.). Beträffande den andra *Phyllophorus*-arten, *Ph. drummondi* (Thomps.), vill Mortensen ej avgöra om den är identisk med *Ph. pellucidus* eller icke. De båda ophiuriderna *Ophioglypha robusta* (Ayr.) och *Ophiopholis aculeata* (O. F. Müll.) (den senare förekommande även vid England och i Nordsjön norr om 54°) äro tvivelaktiga med hänsyn till sin natur. Av Sundets arktiska echinodermer återstår således endast *Strongylocentrotus dröbachiensis* (O. F. Müll), vilken emellertid såväl i Kattegatt som vid Bohusläns kust är en mycket allmän form, och som av Süssbach och Breckner (s. 176) anges förekomma ej blott i Nordsjön norr om 40-meterslinjen utan även vid Frankrikes nordkust. I överensstämmelse härmed är det ju helt naturligt, att former som *Cribrella sanguinolenta* och *Asterias mülleri*, vilka i Lönnbergs bevisföring inta en framskjuten plats, såsom av Cleve ofrånkomligt uppvisats, icke ha en sådan diskontinuerlig utbredning, att de på något sätt kunna åberopas som stöd för reliktteorien. Såvitt jag kan se, ge echinodermerna inga hållpunkter för antagande av en relikt karaktär hos faunan i Öresund.[1]

För mig ligger det närmare att i detta sammanhang uppta till granskning utbredningen av de kräftdjur, som av Lönnberg framdragas såsom stöd för hans uppfattning. Det erinras därvid framförallt »om den högnordiska *Lithodes*, som ej

[1] Av allt att döma råder motsvarande förhållande beträffande molluskerna. Vad som här sagts om echinodermerna har sin tillämpning å exv. *Modiolaria nigra*. Den lever i Öresunds salta bottenskikt, finns i södra och mellersta Nordsjön samt vid norra delen av Brit. öarna.

är tagen i Kattegatt, utom att den uppgifves af fiskare från Anholt, men som också finnes i Öresund». Emellertid har denna art varken av Lönnberg eller vid våra undersökningar erhållits, och jag är mest böjd att antaga, att den ej längre där förekommer. Stephensens uppgift (1910 s. 271), att arten för 35 år sedan ofta fördes till Köpenhamn men numera aldrig syns till där, talar för att den verkligen, alldeles som fallet synes vara med *Cancer pagurus*, försvunnit från Sundet. Från Kattegatt åter anges arten från skilda delar: Fredrikshavn, Anholt och Gilleleje (Stephensen). Därjämte bör nämnas, att den anföres från Hellebæk och av Lilljeborg tagits vid Kullen samt åtminstone under 1870-talet enstaka erhållits i Skelderviken (medd. av prof. Wallengren). Ej heller är det riktigt att rubricera *Lithodes maia* som en högnordisk art, då den är en boreal och boreoarktisk form, som ej alls förekommer i verkligt arktiska trakter, men som är förhanden ännu vid Brit. öarnas västkust (Appellöf 1906 s. 171).

Vidare anföres *Mysis oculata*, vars uppträdande i Öresund »är ett af de mest tydliga bevisen för Öresundsfaunans partiellt arktiska natur» (Lönnberg 1898 s. 35). Trots mycket och ihärdigt sökande — så gott som varje erhållen *Mysis*-individ har tillvaratagits, utom under Skageraks juli-expedition 1914 — lyckades jag icke iakttaga ett enda exemplar av den omskrivna arten. För att bli i tillfälle konstatera, huruvida det unika exemplaret verkligen tillhörde *Mysis oculata*, gjorde jag en hemställan till prof. Lönnberg att få låna det, men erhöll till svar, att det ej längre kunde erhållas. H. J. Hansen ställer sig skeptisk mot uppgiften, och även Stephensen betvivlar riktigheten av bestämningen. För egen del är jag närmast benägen att anta, att en i och för sig förlåtlig felbestämning föreligger, då nämligen som bl. a. Apsteins figurer ge vid handen yngre individer av *Michtheimysis mixta* ha en viss likhet med *Mysis oculata*. Ett ytterligare skäl har tillkommit, sedan jag först gav uttryck åt denna sannolika förklaringsgrund, i det att Ekman påvisat, att Lönnberg velat sätta *M. caspia* Sars i nära samband med *M. mixta*, ehuru den förra arten uppenbart är en *Mysis* s. str. Nu föreligger ju visserligen den möjligheten, att det ryktbara exemplaret drivit ut från Östersjön och med den baltiska strömmens tillhjälp kunnat nå lokalen i Öresund, såsom Ekman uppvisat vara fallet med en annan, planktonisk östersjörelikt, *Limnocalanus grimaldi*, och som möjligen inträffat även med *Idothea entomon*, som enligt Hansen en gång tagits vid Toldboden i Köpenhamn. Men praktiskt torde denna möjlighet ej gälla mycket, då nämligen *M. oculata* i Östersjöområdet ej erhållits längre söderut än utanför Landsort, och man för övrigt har svårt att föreställa sig, hur en transport i detta fall skulle kunna försiggå. Det må nu vara med denna sak huru som helst, ingen synes längre vara böjd att tillmäta fyndet ifråga någon djurgeografisk betydelse.

Emellertid upptages i statistiken (ehuru ej bland de utvalda exempeln i den allmänna delen) åtskilliga krustacéer, vilkas huvudsakliga utbredning angives såsom nordlig, nämligen: *Hyas araneus* (av Lönnberg dock ej själv iakttagen), *Hippolyte gaimardi, Mysis inermis, M. mixta, Diastylis rathkii, Iæra albifrons, Mæra lovéni.* Dessa formers utbredningsförhållanden har jag i deras huvuddrag redan skizzerat

och återkommer därtill vid diskussionen av den av mig utfyllda Öresundsfaunans allmänna natur.

2. Vertikalutbredningen.

Vid Norges — och förhållandena ligga härutinnan överensstämmande också vid Bohusläns — skärgårdskust förlägger Appellöf o. a. den littorala regionens undre gräns till 30—40 m. Med denna begränsning skulle nära nog hela Öresundsområdet falla inom littoralregionen. I Öresund äro emellertid förhållandena i nämnda hänseende ej oväsentligt avvikande. Vegetationen sträcker sig ej så långt ned och de grundare områdena erhålla här sin särskilda hydrografiska karaktär av det baltiska vattnet. Inom detta vattenlagers rayon ha vi de euryhalina och euryterma djuren samlade. De mera stenohalina och stenoterma formerna kunna däremot icke här uthärda inom strandbältet. Givetvis kan under sådana betingelser, såsom Lönnberg framhållit, en enhetlig, för hela Sundet giltig gränslinje icke fixeras. Det baltiska vattnet är söderut, i trakten mellan Landskrona och Barsebäck, Vikhög, mera djupgående än längre norrut, där kattegattvattnet på ett helt annat sätt pressar på. Vi ha ovan framhållit, hurusom gränsen mellan baltiskt och kattegattvatten ligger vid ungefär 20 m., samt att området söder om Landskrona—Vedbæklinjen ej har konstant tillgång på saltare bottenvatten. Här uppkommer hydrobiologiskt ett begränsat övergångsområde, där förskjutningar i salthalt och temperatur, ofta nog jämförelsevis betydande, ha en destruerande inverkan på de organismer, som där söka erövra ny mark.

Med hänsyn tagen till förut anmärkta förhållanden kunna de två hydrografiskt olikartade områden, som vi i det föregående urskilt, tilldelas karaktär av vertikalzoner, en övre och en undre, med gränsen förlagd vid omkring 20 m., i norra Öresund, där algområdet når djupare, något lägre, vid 20—25 m.; i södra, där utpräglad skillnad saknas, bortfaller den undre helt. Lönnberg (1898 s. 63) urskiljer en littoralfauna, som »till stor del kan sättas = brackvattensfaunan» och en rent marin fauna, »eller om man så vill det djupare vattnets fauna». Lämpligen skulle man kunna tala om en littoral och en sublittoral fauna, för att således markera, att »det djupare vattnets fauna» väsentligen bildas av element, som inom andra delar av utbredningsområdet tillhöra den sublittorala regionen, vissa nående ända ned i den abyssala. Den förra motsvarar Örsteds »Regio Trochoideorum» och delvis »R. Gymnobranchiorum», den senare hans »Regio Buccinoideorum».

Inom littoralregionen ha följande arter anträffats (enstaka fynd ej medtagna)[1]:

amfipoder: *Orchestia gammarellus*, (*Bathyporeia pilosa*), (*Apherusa bispinosa*), *Calliopius rathkei*, (*Paratylus swammerdami*), (*Gammarellus*

[1] Spärrad stil anger, att arten ej påvisats i Östersjön; parentes betecknar förekomst endast eller företrädesvis i undre delen av regionen.

homari), (*G. angulosus*), *Gammarus locusta*, *Melita palmata*, (*Cheirocratus sundewalli*), *Microdeutopus gryllotalpa*, *Amphitoë rubricata*, (*Ischyrocerus anguipes*), (*Ericthonius hunteri*), *Corophium grossipes*, *C. crassicorne*, (*C. bonelli*), (*Caprella linearis*), (*Phthisica marina*), (*Pariambus typicus*);

isopoder: *Sphæroma rugicauda*, *Idothea baltica*, *I. granulosa*, *I. viridis*, *Iæra marina*;

tanaiden: *Heterotanais örstedii*;

cumacéer: (*Eudorella truncatula*), (*Diastylis rathkii*);

schizopoder: (*Macropsis slabberi*), *Praunus flexuosus*, *Pr. inermis*, *Schistomysis spiritus*, (*Michtheimysis mixta*), *Neomysis vulgaris*;

dekapoder: (*Pandalus montagui*), (*Spirontocaris gaimardi*), (*Hippolyte varians*), *Leander squilla*, *L. adspersus*, *Crangon crangon*, (*Cheraphilus bispinosus*), (*Eupagurus bernhardus*), *Carcinus mœnas*.

Inom littoralregionen kunna följande naturliga områden (facies) urskiljas: 1) sandbottnen, i regel å grunt vatten, här och var även å djupare och då uppblandad med lera, 2) Zosterabältet, 3) algbältet (företrädesvis brunalger).

Bortsett från de redan i själva vattenlinjen uppträdande *Orchestia gammarellus*, *Iæra marina* och *Sphæroma rugicauda* äro följande arter karaktärsdjur inom hela regionen: *Crangon crangon*, *Leander*-arterna och *Carcinus mœnas*.

Sandstranden räknar som karaktärsformer: *Corophium*-arter, djupare ned *Bathyporeia pilosa*, *Melita palmata*, *Microdeutopus gryllotalpa*, *Ischyrocerus anguipes*.

Zosterans bebyggare äro vida mindre specifika, i regel gemensamma med algbältet. Hit böra räknas alla *Idothea*-arterna, i viss mån *Iæra marina*, *Amphitoë rubricata*, *Calliopius rathkei*, *Gammarus locusta*, denna dock mera kosmopolitisk än de andra, *Praunus flexuosus*, *Pr. inermis*, *Neomysis vulgaris*.

Till dessa former komma inom algbältet ytterligare *Paratylus swammerdami*, *Gammarellus*-arterna, *Ischyrocerus anguipes*, *Microdeutopus gryllotalpa*, *Caprella*-arterna, *Phthisica marina*, *Pariambus typicus*, *Spirontocaris gaimardi* samt mera enstaka, norrut *Pandalus montagui*.

Emellertid bör det framhållas, vad som redan omnämnts i den systematiska förteckningen, att littoralregionens undre del inom området norr om Ven uppvisar en ökning av arternas antal, vilken sammanhänger med, att här gynnsammare betingelser, främst saltare vatten och rikare vegetation, äro för handen. Detta sakförhållande finnes antytt redan hos Örsted (s. 71), i det de former, som förekomma i hans regio gymnobranchiorum, äro väsentligen karaktäristiska för den undre, algbeväxta delen av littoralregionen.

Till slut bör det anmärkas, att de verkliga littoralformerna med ytterst få undantag äro tillfinnandes i varje fall i västra Östersjön (Kielerbukten), oftast dock ännu längre in, förbi Bornholm eller uppemot Gottland.

Vida mera enhetlig är grundkaraktären hos sublittoralregionens djurvärld. Det är redan anmärkt, att en utpräglad sublittoralregion är förhanden *endast inom de delar, som konstant stå under inverkan av Kattegatts salta bottenlager.* I stort sett kunna vi identifiera sublittoralfaunan med slikbottnens djursamhälle, i det att de rena sandbottensområden, som förekomma under 20-meterskurvan, äro av så ringa utsträckning, att man ej med full säkerhet kan urskilja ett bestämt kräftdjurssamhälle för denna botten. Kvantitativt dominerande inom hela regionen äro: *Crangon allmanni, Michtheimysis mixta, Diastylis rathkii* och *Haploops tubicola.* Förutom dessa i massa uppträdande former förekomma följande[1] (enstaka fynd ej medtagna):

amfipoder: *Hippomedon denticulatus, Tryphosa nana, Argissa hamatipes, Phoxocephalus holbölli, Harpinia antennaria,* (*Ampelisca brevicornis*), *A. tenuicornis, A. macrocephala, Byblis gaimardii, Amphilochoides boeckii, A. odontonyx, Metopa sölsbergi, Monoculodes packardi,* (*Perioculodes longimanus*), *Westwoodilla hyalina, Iphimedia obesa,* (*Melphidippella macra*), *Melita obtusata, M. dentata, Mæra lovéni, Aora gracilis, Lembos longipes,* (*Protomedeia fasciata*), *Gammaropsis maculatus, G. melanops, Photis reinhardi, Ph. longicaudata, Corophium affine, Unciola planipes, Dulichia porrecta, D. monacantha, D. falcata, Phthisica marina, Caprella*-arter;

isopoder: *Astacilla longicornis, Ianira maculosa, Ianiropsis breviremis, Pleurogonium rubicundum, Pl. inerme, Pl. spinosissimum, Desmosoma globiceps;*

tanaiden: *Leptochelia danica;*

cumacéer: *Lamprops fasciata,* (*Hemilamprops rosea*), *Leucon nasica, L. nasicoides, Eudorella truncatula, E. emarginata, Diastylis lucifera,* (*Brachydiastylis resima*), *Leptostylis villosa, Pseudocuma longicornis, Campylaspis rubicunda, C. costata;*

schizopoder: *Erythrops elegans,* (*Mysidopsis angusta*), (*Leptomysis gracilis*), *Gastrosaccus spinifer,* (*Macropsis slabberi*), *Schistomysis ornata;*

dekapoder: *Pandalus montagui, P. borealis, Pandalina brevirostris, Spirontocaris gaimardi, Sp. pusiola, Sp. lilljeborgi, Eupagurus bernhardus, Hyas araneus, H. coarctatus, Portunus depurator;*

pantopoder: *Nymphon mixtum, Pycnogonum littorale.*

Sublittoralformerna förete i sin batymetriska fördelning vissa egendomligheter, som torde böra något närmare framhållas.

[1] Parentes anger förekomst endast eller företrädesvis i övre delen av sublittoralregionen.

Det är sålunda lätt nog att konstatera, hurusom vertikalutbredningen inom Öresundsområdet i tvenne hänseenden uppvisar avvikelser från det vanliga inom åtminstone öppet havsområde i våra nejder. Å ena sidan hyser sublittoralregionen, främst dess slikområden, former, som normalt äro hemmahörande inom littoralregionen[1] (oftast dess algbälte), men som i Öresund saknas eller äro sällsynta där, å andra sidan inrymmer regionen också arter, som eljes återfinnas å betydligt större djup. Några exempel visa bäst innebörden härav.

Till den förra gruppen, som ej är så särskilt talrik, höra: *Perioculodes longimanus*, *Iphimedia obesa*, möjligen också *Melita obtusata; Lamprops fasciata*, *Pseudocuma longicornis*, *Erythrops elegans;* av dekapoderna: *Galathea intermedia*, *Eupagurus bernhardus, Pandalus montagui*, *Hyas araneus.* Mindre utpräglat gäller ett liknande förhållande om *Bathyporeia pilosa*, som från den fina sanden på 1—3 f:s djup fördrivits ned mot littoralregionens undre delar; *Eupagurus bernhardus* och *Pandalus montagui* anträffas i större mängd endast nedanför littoralområdet, på djupare vatten.

Som exempel på den andra kategorien kunna anföras[2]: *Harpinia antennaria* (30—150 f.), *H. crenulata* (känd från Norge, 30—100 f.; Biskayabukten, 950 m.), *Byblis gaimardii*, *Haploops tubicola* (20—100 f.), *Amphilochus manudens* (40—100 f.), *Amphilochoides boeckii* (50—150 f.), *Synchelidium tenuimanum* (50—300 f., »true deepwaterform»), *Mæra lovéni* (40—60 f., Bohuslän), och *Unciola planipes* (50—300 f.). Det torde ej kunna förnekas, att dessa former i Öresund utgöra faunaelement — flertalet konstanta — inom ett djupområde, där de eljes ej alls eller endast utlöpande, sporadiskt förekomma. Detsamma gäller likaledes om *Ianira maculosa* (30—100 f.), *Pleurogonium inerme* (60—150 f.), *Pl. spinosissimum* (50—100 f.), *Leucon nasica* (30—100 f.), *Diastylis tumida* (20—300 f.), *Leptostylis villosa* (under 60 f., »a pronounced deepwaterform»), *Campylaspis rubicunda* (30—100 f., ner till 1977 m., STEBBING), *Erythrops erythrophthalma*, *Pandalus borealis*, *Spirontocaris lilljeborgi*, *Sp. spinus* och *Crangon allmanni.*

Man skulle kunna säga, att vi i Öresund — samma förhållande gäller f. ö. om sydöstra Kattegatt och i viss mån St. Bält — möta en koncentration av vertikalregionerna. Inom området 20—40 m. träffar man former, som vid Norge, i Skagerack, ja även i norra Kattegatt finna sin övre gräns å betydligt större djup, och som i Öresund förekomma tillsammans även med rena littoralelement. Särskilt anmärkningsvärt är det, att i Öresund iaktta så karaktäristiska bebyggare av den svenska kustens djuprännor som de nämnda dekapoderna[3].

Det finns för övrigt i dessa förhållanden åtskilligt, som erinrar om den skillnad, som består mellan den yttre skärgårdens och fjordarnas djurliv. APPELLÖF framhåller t. ex., hurusom *Hyas araneus, Pandalus montagui* och *Pandalina brevi-*

---

[1] KYLIN har (s. 243) konstaterat motsvarande förhållande i fråga om algerna.

[2] Siffrorna inom parentes hänvisa till djupuppgifter hos SARS, STEBBING eller BRUZELIUS.

[3] STUXBERG påvisar från Sibiriska ishavet förhållanden som synas vara av principiellt samma innebörd.

rostris i havsbandet bebo algbältet, men inne i fjordarna träffas å leran och djup av 100 m. Även *Portunus depurator* uppehåller sig i fjordarnas sublittoralregion.

Den viktigaste vertikalutbredningen reglerande faktorn är härvid jämsides med bottenbeskaffenheten helt visst att söka i de hydrografiska betingelserna, och vi ha kunnat konstatera, hurusom djurvärldens vertikala fördelning i stort sett återspeglar vattenlagrens skiktning. Även härutinnan har man en viss motsvarighet i fjordarna (Appellöf s. 158), i det att ytvattnets växlingar också där inom de övre 10—20 m. framkallar en »Verarmung» av littoralfaunan. Den nämnda koncentrationen av vertikalregionerna betingas säkerligen främst av organismernas känslighet för de årliga temperaturvariationerna. Reibisch har helt nyligen (1914 s. 233) fäst uppmärksamheten på, att en amplitud av 9° i Kielerbucht finnes redan vid 14 m., medan i mellesta Nordsjön samma amplitud uppnås först vid 40—60 m. I Öresund äro avvikelserna, som redan framhållits (se s. 69) från förhållandena i södra Kattegatt i detta hänseende tydliga nog, och synnerligen påfallande är skillnaden mellan norra Kattegatt och Öresund. Medan variationerna i ytan och vid 5 famnar äro nära överensstämmande i bägge områdena, äro avvikelserna i djupare vattenlager mellan Öresund, södra och norra Kattegatt (profil II st. 7, utanför Vinga) mycket stora, varom följande sammanställning (grundad på 1896 års danska observationer) ger en föreställning.

	Djup	Amplitud		Djup	Amplitud		Amplitud
Öresund XIII: 3	10 f.	7°, 2	Kattegatt IV: 5	10 f.	14°, 0	II: 7	13°, 0
„	15 f.	6°, 5	„	15 f.	7°, 9		13°, 5
			„	20 f.	7°, 9		9°, 5
			„	25 f.	7°, 5		7°, 4
			„	30 f.	—		6°, 8
			„	35 f.	—		6°, 7

Sundets årliga temperaturamplituder äro sålunda redan vid 20 meter mindre än i Kattegatt vid 50—60 m.

Det bör slutligen i detta sammanhang framhållas, att Öresund dock saknar representanter för den »djupvattensfauna», som i Skagerack karaktäriseras av exv. dekapoderna *Pontophilus norvegicus*, *Munida rugosa*, *M. bamffica*, *Calocaris macandreæ* m. fl., vilka ej överskrida norra Kattegatt. Dessa formers utbredning synes ej sträcka sig utanför de djupare områden, där bottenlagrens temperatur ej är underkastad några egentliga växlingar.

---

3. Horisontalutbredningen.

I min föregående uppsats har jag sökt påvisa, hurusom sublittoralfaunans dekapoder i stort sett ej överskrida gränsen Landskrona—Ven. Området söder därom erhåller sin karaktär av en artfattig littoralfauna, vars samtliga element äro representerade också i Östersjön. Sedan den nämnda uppsatsen skrevs, har under-

sökningsmaterialet väsentligt vidgats, och då resultatet kvarstår oförändrat, har det sålunda erhållit en vidare och säkrare grundval. För diskussionen om faunans sammansättning inom olika delar av området och dess relation till angränsande gebits torde det vara fördelaktigt att utgå just från dekapoderna, vilken grupp är den med hänsyn till de olika arternas utbredning inom andra områden bäst kända.

Den olika utbredningsvidd, som skilda arter besitta inom Sundet, kan i korthet formuleras: *En grupp företrädes i hela den undersökta delen av Sundet i ungefär likartad frekvens.* Hit höra *Spirontocaris gaimardi*, *Leander adspersus, L. squilla, Crangon crangon och Carcinus mænas. Samtliga äro, med undantag för den förstnämnda, exklusiva littoralformer samt undantagslöst förhanden i västra Östersjön. En andra grupp finner sin sydgräns inom området mellan Ven och Barsebäck, det stora flertalet nära Ven.* Denna den talrikaste gruppen omfattar följande 12 dekapoder: *Pandalus montagui*, *P. borealis*, *Pandalina brevirostris*, *Spirontocaris lilljeborgi*, *Hippolyte varians*, *Crangon allmanni*, *Cheraphilus bispinosus*, *Eupagurus bernhardus*, *Galathea intermedia, Hyas araneus, H. coarctatus, Portunus depurator*. En närmare granskning ger vidare vid handen, *att de sydligast anträffade individerna äro att uppfatta som enstaka utposter, och att man i de fall, då det rör sig om allmännare former, med säkerhet kan påvisa en avsevärd frekvensminskning söder om linjen Landskrona—Vedbæk. Och tager man hänsyn till malakostrakfaunan i dess helhet, framstår det tydligt nog, att depressionen mellan Landskrona och Ven* (*st. 25*) *utgör en reservoar, som uppsamlar de sista lämningarna av Kattegatts sublittoralfauna och i allmänhet ej släpper den vidare.* Den nämnda gränsen överskrides icke alls av *Pandalus borealis*, *Pandalina brevirostris*, *Spirontocaris lilljeborgi* och *Hyas coarctatus.* Av *Portunus depurator*, som iakttagits i sammanlagt 21 ex., ha endast 2 ex. erhållits utanför gränsen, av *Hyas araneus* 1 av 8. Även beträffande de övriga ligga förhållandena klara nog. *Pandalus montagui* har inalles träffats i omkring 160 ex., varav å st. 18, 20, 22 10 ex. erhållits (arten ganska euryhalin, finns sällsynt i Kielerbukten), *Crangon allmanni*, som är den enda i massa uppträdande sublittorala dekapoden, har söder om gränsen erhållits i tillsammans 17 ex. På samma sätt är *Eupagurus bernhardus*, så snart man når upp i Venområdet, allmän, men söder därom funnen endast enstaka; *Galathea intermedia* går enligt Stephensen ned mellan Ven och Taarbæk, vilket nära sammanfaller med linjen Landskrona—Vedbæk. För de två återstående, *Hippolyte varians* och *Cheraphilus bispinosus*, är jag på grund av ofullständiga observationer ej i stånd verifiera regeln, men hänvisar för den förstnämnda arten till vad, som å annat ställe (se s. 83) sägs om förhållandet mellan västra Kattegatts och Öresunds fauna. Å andra sidan är det väl otvivelaktigt, att den hittills endast å st. 38 anträffade *Inachus dorsettensis* är att hänföra till samma grupp. Återstående 6 arter, *Spirontocaris pusiola*, *S. spinus*, *Eupagurus pubescens*, *Anapagurus chiroacanthus*, *A. lævis*, *Portunus pusillus*, äro anträffade endast norr om Hälsingborg och i enstaka exemplar. Då det rör sig om arter, vilka i Kattegatt, tre av dem även i Skagerack, erhållits mycket sällsynt, är jag icke säker, om de verkligen böra bilda

en egen grupp, vilken då ej skulle överskrida Öretvisten [1]. Ett slutgiltigt avgörande i denna punkt låter sig knappast träffas på grundvalen av hittills gjorda undersökningar. Då emellertid enstaka arter ur olika grupper äro representerade endast från de norra stationerna och några andra där visa tendens till en frekvensökning, är det likväl tänkbart, att det icke rör sig uteslutande om luckor i materialet. Detta synes dock i flera fall mest antagligt, och varje ny expedition skall helt visst, alldeles som fallet varit hittills, kunna öka den här nedan meddelade förteckningen. Jag har emellertid velat fästa uppmärksamheten på denna ännu öppna fråga.

Huru förhålla sig nu de övriga krustacéerna och pantopoderna i nämnda hänseende?

För följande norr om Ven förekommande former (siffrorna inom parentes ange gränsstationens nummer) kan linjen Landskrona—Vedbæk angivas såsom sydgräns:

amfipoder: *Hyperoche kröyeri* (25), *Hippomedon denticulatus* (42), *Tryphosa nana* (18 o. 20), (*Bathyporeia pilosa*) (41), *Phoxocephalus holbölli* (33), *Ampelisca brevicornis* (33, 1 ex. å 5), *A. macrocephala* (25), *Byblis gaimardii* (25), *Haploops tubicola* (31, 1 ex. å 29), *Amphilochus manudens* (42), *Amphilochoides boeckii* (25), *Metopa sölsbergi* (35 o. 37, 1 ex. å 25), *Monuculodes packardi* (25), *Perioculodes longimanus* (25), *Kröyera altamarina* (42), *Westwoodilla hyalina* (25), *Iphimedia obesa* (31), *Paratylus swammerdami* (41), *Melphidippella macra* (31), *Gammarellus homari* (36), *G. angulosus* (38), *Melita obtusata* (25), *Mæra lovéni* (18? säker å 29), *Cheirocratus sundewalli* (38), (*Microdeutopus gryllotalpa*) (32), *Aora gracilis*, *Lembos longipes* (39), *Protomedeia fasciata* (35 o. 37), *Gammaropsis maculatus* (37), *G. melanops* (39), *Photis reinhardi* (25), *Ericthonius hunteri* (36), *Corophium bonelli* (38), *C. affine* (35 o. 37), *Unciola planipes* (42), *Dulichia porrecta* (25), *D. monacantha* (25), *D. falcata* (35 o. 37, 2 ex. å 10 o. 15) *Pariambus typicus* (41), *Caprella linearis* (22), *C. septentrionalis* (37);

isopoder: *Astacilla longicornis* (37), *Ianira maculosa* (35 o. 37), *Ianiropsis breviremis* (42), *Pleurogonium rubicundum* (25), *Pl. inerme* (25), *Pl. spinosissimum* (27);

tanaiden: *Leptochelia danica* (42);

cumacéer: *Lamprops fasciata* (42), *Leucon nasica* (25), *L. nasicoides* (31), *Eudorella truncatula* (25), *E. emarginata*, *Diastylis lucifera* (25), *Leptostylis villosa* (39), *Pseudocuma longicornis* (42), *Campylaspis rubicunda* (25);

schizopoder [2]: *Erythrops elegans* (42), *Gastrosaccus spinifer* (25, 1 ex. å 12 o. 13). *Macropsis slabberi* (27), *Schistomysis ornata* (25).

pantopoder: *Pycnogonum littorale* (37), *Nymphon mixtum* (18 o. 20).

Det återstår att se till, huru motsvarigheten till den första av mig urskilda dekapodgruppen gestaltar sig. Söder om Landskrona—Vedbæklinjen förekomma med säkerhet [3] amfipoderna: *Orchestia gammarellus*, *Calliopius rathkei*, *Gammarus*

---

[1] LÖNNBERGS fjärde och troligen även tredje klass äro identiska med den av mig urskilda första gruppen; min andra grupp sammanfaller med LÖNNBERGS andra klass, och den eventuella tredje gruppen motsvarar hans första klass (se s. 72).

[2] Vissa planktoniska former gå möjligen vintertiden längre, då bottenvattnets sydgräns är förskjuten åt söder. Så anträffades i april i år *Macropsis slabberi* talrikt å st. 13 nära bottnen.

[3] Sannolikt är förhållandet enahanda med de inom parentes under föregående grupp anförda.

locusta, *Melita palmata*, *Amphitoë rubricata*, *Ischyrocerus anguipes*, *Corophium grossipes*, *C. crassicorne*; isopoderna: *Sphæroma rugicauda*, samtliga *Idothea*-arter, *Iaera marina*; tanaiden *Heterotanais örstedii*; cumacéen *Diastylis rathkii*; schizopoderna: *Praunus flexuosus*, *Pr. inermis*, *Michtheimysis mixta*, *Neomysis vulgaris*.

Dessa arter förekomma också i Östersjön, till Travemünde, Bornholm eller längre, och äro med undantag för *Diastylis rathkii*, *Michtheimysis mixta* och *Melita palmata* rena littoralformer. På grund av djupförhållandena nå sistnämnda arter sin sydgräns i trakten av Barsebäck.

Sådan är alltså den ingalunda formrika krustacéfauna, som bebor Sundet söder om linjen Landskrona—Vedbæk, en fauna, som Ørsted träffande karaktäriserat som det baltiska havets fauna och som i stort sett sammanfaller med det av Petersen urskilda *Macoma*-samhällets.

Till slut ha vi att undersöka de formers utbredning, vilka icke kunnat följas vare sig till Ven eller därförbi. Det är redan framhållet, att denna grupp möjligen innesluter ett par dekapoder. Av de i förteckningen upptagna amfipoderna ha 15 endast erhållits i norra Öresund. Säkerligen skall detta antal genom fortsatta undersökningar komma att reduceras, i det att en del av dessa former sannolikt kunna påvisas även inom området Hälsingborg—Ven, alldeles som fallet är med de ej så få arter, som Meinert m. fl. angivit gå till Hellebæk, men som nu visat sig förekomma ned till Ven. Men även med risk att bli desavouerad av händelsernas utveckling skulle jag dock vilja tillåta mig den förmodan, att vissa av de ifrågavarande amfipoderna verkligen göra halt vid Sundets mynning. Det får nämligen antagas, att om en art är allmän eller vitt utbredd i Kattegatt och samtidigt erhållen talrikt under våra undersökningar i norra Öresund, men ej längre söderpå, så har man med stor sannolikhet nått gränsen för dess framträngande.

Hit torde böra räknas: *Harpinia antennaria*, *Ampelisca tenuicornis*, *Photis longicaudata*. Möjligen inrymmer gruppen också cumacéerna *Hemilamprops rosea*, *Leucon acutirostris* Sars, *Brachydiastylis resima* (?), samt mysidacéerna *Praunus neglectus* och *Schistomysis spiritus*.

Emellertid anser jag mig böra betona det provisoriska värdet av denna grupp, då frågan om dess berättigande ej kan slutgiltigt avgöras, förrän undersökningarna fullt likformigt bedrivits även i angränsande delar av Kattegatt.

Flertalet av de former, som nå sin sydgräns i trakten söder om Ven är, som redan framhållits, sublittorala arter. En blick på förteckningen här ovan ger emellertid vid handen, att också littorala element äro förhanden exv. *Paratylus swammerdami*, *Gammarellus*-arterna, *Cheirocratus sundewalli*, *Microdeutopus gryllotalpa*, *Ericthonius hunteri*, *Corophium bonelli*, *Caprella linearis*, *Pariambus typicus*, *Eudorella truncatula*. Visserligen äro dessa anträffade endast i undre delen av littoralregionen (några t. o. m. väsentligen sublittorala), men deras därvaro ger ju åt denna region en fylligare karaktär än söder om Ven och i Öster-sjön.

Det är i det föregående betonat, vad särskilt PETERSEN med skärpa framhållit, att man, då det gäller att bringa utbredningsförhållanden under gemensamma synpunkter och på grundvalen därav söka nå klarhet över djurgeografiska problem, måste väl akta sig för att överskatta värdet av enstaka »utlöpande» fynd. I stället bör huvudvikten läggas på de allmänna formerna. Så gott sig göra låter, har jag sökt handla i överensstämmelse med denna grundsats. Att helt lämna utlöparna å sido vore givetvis lika oriktigt. Då t. ex. en art som *Pandalus borealis*, känd såsom stenoterm och stenohalin, påvisas väl uthärda i Öresund, så är detta faktum i och för sig anmärkningsvärt och ägnat att i sin mån bidra till belysning av faunans natur.

För avgörande av de enskilda iakttagelsernas betydelse härutinnan är det av stor vikt att ha förvärvat egen erfarenhet om de områden, det gäller att jämföra. Om Kattegatts lägre krustacéfauna har jag tyvärr mycket obetydlig förstahandskunskap. De anmärkningar, som nedan göras, grunda sig därför väsentligen på litteraturuppgifter. Så länge man opererar med vitsordat allmänna former och sådana, som man icke har anledning misstänka genom sitt levnadssätt undandraga sig fångstredskapen, torde detta tillvägagångssätt också låta sig försvaras.

MEINERT, H. J. HANSEN och STEPHENSEN framhålla ofta vid diskussionen av olika arters utbredning inom Kattegattområdet en hos skilda former konstaterbar, mer eller mindre utpräglad förkärlek för den östra eller västra delen. Så uppgivas t. ex. *Macropodia rostrata* (L.), *Hippolyte varians*, *Spirontocaris cranchii* LEACH, möjligen även *Athanas nitescens*, vara allmänna i västra Kattegatt, medan de i östra Kattegatt och Öresund antingen ej alls eller endast i enstaka exemplar anträffats. Detsamma gäller om *Bodotria scorpioides* (MONT.), *Eudorellopsis deformis* (KR.), *Lamprops fasciata*, *Gitana sarsii* BOECK, *Neopleustes bicuspis* (KR.), *Dexamine spinosa*, *Podoceropsis sophiae*. Möjligen skola kommande undersökningar på en eller annan punkt modifiera denna förteckning. Säkert är dock, att de nämnda dekapoderna och *Dexamine spinosa*, vilken sistnämnda jämte *Macropodia rostrata* och *Hippolyte varians* uppträder mycket allmänt i västra Kattegatt, genom sin sällsynthet eller frånvaro i Sundet och östra Kattegatt äro ägnade att avgränsa faunan där från västra Kattegatts och Bälternas, på samma gång som de i sin mån kunna belysa överensstämmelsen mellan Sundets och östra Kattegatts. I detta sammanhang förtjänar det även påpekas, att APPELLÖF (1906 s. 160) konstaterar frånvaron i de norska fjordarnas inre delar av *Hippolyte varians* och *Macropodia rostrata*.

Ännu flera äro emellertid de former, som äro gemensamma för östra Kattegatt och Öresund, men frånvarande eller sällsynta i västra Kattegatt, och som först uppträda i detta farvattens sydvästra del, varifrån de ofta nå upp i Bälterna. Hit kunna hänföras: *Portunus depurator*, *Crangon allmanni*, *Pandalina brevirostris*, *Hemilamprops rosea*, *Leucon nasica*, *Eudorella truncatula*, *E. emarginata*, *Diastylis lucifera*. Väsentligen överensstämmande utbredning har även *Astacilla longicornis*. Denna utbredning träffar man vidare hos många av de amfipoder, som dominera i östra Kattegatt och Öresund, t. ex. *Ampelisca macrocephala*, *Byblis gaimardii*, *Haploops*

tubicola, *Westwoodilla hyalina*, *Mæra lovéni*, *Photis reinhardi* och *Dulichia monacantha*. För echinodermerna har Petersen (1889 s. 52) för molluskerna Heincke (1896 s. 148) konstaterat analoga utbredningsförhållanden, och Reibisch (1905—06) anmärker företeelser av samma innebörd för delar av Nordsjöområdet.

Vad som framkallar dessa ofrånkomliga faunaolikheter är i närvarande stund omöjligt att helt överblicka. Säkert ligger en av orsakerna i den avvikande bottenbeskaffenheten, i det att särskilt flera av de uppräknade amfipoderna äro utpräglade slikformer; andra äro att söka i rent hydrografiska och batymetriska förhållanden. De olikheter, som föreligga mellan det grunda, ej 20 m. djupa sandbottenområdet väster om Läsö och Anholt, vilket först öster om linjen Anholt—Hjelm övergår i den östra bassängen, och å andra sidan östra Kattegatts djuprännsystem med botten av slik eller sandblandad slik, vilket trots uppgrundning söder om Anholt fortsätter in i Sundet med djup, som ej någonstädes understiga 25 m., korrespondera med sådana i de hydrografiska betingelserna.

Vad littoralfaunan angår, är det uppenbart, att mera stenohalina former icke kunna existera i Öresund, där salthalten i de övre lagren ända upp mot Kullen ofta ej är nämnvärt högre än vid Sundets södra mynning. I västra Kattegatt är salthalten hos ytvattnet större än i östra. Beträffande åter temperaturen karaktäriseras såväl västra Kattegatt som Öresunds smala grundvattensbälte av större amplituder, lägre vinter- och högre sommartemperatur än östra Kattegatts och Sundets djupområden. Men sannolikt ligger häri icke hela orsaken. Uteslutet är nämligen icke, att även strömförhållandena kunna öva inflytande, i analogi med vad Appellöf (1905 s. 90) gjort troligt för Nordsjöns del; Petterson och Ekman ha ju uppvisat (1891 s. 77), att bottenströmmen i västra och östra Kattegatt härrör av skilda vattenlager med olika salthalt och olika temperatur. Likaså kunna möjligen kretsströmmar uppstå, som avstänga de sydöstra delarna från tillförsel av planktoniska larver och ungdomsformer. För min del är jag slutligen böjd att antaga, att det sätt, varpå rekryteringen av faunan skett, utgör en betydelsefull faktor vid konstituerandet av olikheter av den nu anmärktas natur. Det är säkerligen icke en tillfällighet att flertalet av de specifika »västformerna» äro sådana med sydlig utbredning, medan »östgruppen» inom sig räknar ett stort antal arter, vilkas utbredning sträcker sig från arktiska trakter nedåt den boreala regionens sydgräns, och som på goda grunder kunna antagas ha invandrat norrifrån.

---

4. Öresundsfaunans djurgeografiska ställning.

Genom sina undersökningar i Öresundsområdet har Lönnberg, som redan framhållits, velat fastslå, att faunan där genom de talrika arktiska formerna, delvis med i viss mån diskontinuerlig utbredning, i mycket bär prägeln av en arktisk reliktfauna (se s. 72). I vilken mån denna slutsats finner stöd av de åberopade ut-

bredningsförhållandena har redan å annat ställe närmare klargjorts, och jag har därvid sökt uppvisa, att dessa lika litet som de anförda hydrografiska förutsättningarna motivera en dylik uppfattning. Det återstår emellertid att tillse, vilken allmän karaktär, som tillkommer den genom de nya undersökningarna utfyllda faunan, i den mån en sådan uppgift är genomförbar med vår ofullständiga kännedom om flera av de ifrågavarande arternas utbredning. Särskilt kännbar är denna brist för det västatlantiska områdets vidkommande. Och för många av de av skandinaviska forskare nybeskrivna mindre formerna är säkerligen även det europeiska gebitets omfattning ofullständigt känd. Endast dekapodernas utbredning kan mera i detalj klarläggas, såsom APPELLÖF gjort för Nordhavets del.

En icke obetydlig svårighet möter man redan däruti, att de djurgeografiska regionerna hos skilda författare erhållit väsentligt skiftande omfattning och begränsning. Det skulle föra för långt att här närmare ingå därpå, och jag inskränker mig därför till några huvuddrag.

De första försöken till undersökningar av denna art kunna ledas tillbaka till M. och G. O. SARS, som upptagit dessa problem till en ingående behandling, särskilt i vad som rör den arktiska regionens begränsning och därvid grundlagt den uppfattning, som än i dag i det väsentliga är förhärskande. Senare ha HEINCKE och MÖBIUS i sitt arbete »Die Fische der Ostsee» (1883) genom fastläggande av nord- och sydformernas inbördes förhållande i Östersjöfaunan sökt belysa dennas ställning. Mera genomförd framstår den däri utvecklade tankegången i HEINCKES utredning av Helgolandsområdets mollusker (1896). Den bestämning av utbredningsgebitens omfattning, som HEINCKE på i grunden överensstämmande sätt framlagt i dessa arbeten, har sedermera övertagits och godtagits utan eller med helt obetydlig modifiering av en hel rad författare, som systematiskt och djurgeografiskt sysselsatt sig med Nordsjöfaunan [1]. Så har EHRENBAUM (1897) behandlat cumacéer och schizopoder, och ännu så sent som 1911 har ZIRWAS ej kunnat taga ståndpunkt till frågan, huruvida HEINCKES eller MICHAELSENS här nedan refererade regionsbegränsning är att föredraga. På samma grund vilar, som nämnts, också LÖNNBERGS uppdelning av Öresundsfaunans element i nord- och sydformer.

HEINCKE urskiljer tre huvudgrupper former: 1) nordliga, som i norr överskrida polcirkeln men söderut ej uppnå Medelhavet, 2) sydliga, som ha sin huvudsakliga utbredning vid södra Europa, framförallt i Medelhavet, men ej gå över polcirkeln eller högst till Lofoten samt 3) med obestämd utbredning, som antingen förekomma inom bägge de nämnda områdena eller också i ett begränsat gebit mellan polcirkeln och Medelhavet. Bland de nordliga urskiljer HEINCKE en

[1] I tillämpningen uppnå vissa tyska forskare högst egendomliga resultat. Så t. ex. WEDEMEYER, som i sin av onödig bredd präglade framställning av Nordsjöns räkfauna rubricerar en så föga arktisk art som *Pandalus montagui* såsom huvudsakligen arktisk; *Crangon allmanni* blir boreal-arktisk, medan *Spirontocaris spinus*, som torde vara en av de mera utpräglade kallvattensformerna, enligt samma terminologi är arktisk-boreal. På samma sätt betecknas f. ö. även *Sp. polaris*.

undergrupp, de arktiska eller boreala arterna, »som ha sitt egentliga hem i höga Norden, finnas alltså också vid Ostfinmarken, och utbreda sig därifrån till Spetsbergen, Grönland, Island och arktiska Nordamerika Söderut gå de på sin höjd till Engelska kanalen» (s. 145).

Oberoende av HEINCKE genomförde C. G. JOH. PETERSEN i sitt arbete »De skalbærende Molluskers Udbredningsforhold i de danske Have indenfor Skagen» (1888) en avvikande begränsning. Hans »nordliga» arter gå öster om Nordkap in i de arktiska haven och uppnå ej Medelhavet, d. v. s. äro identiska med HEINCKES arktiska. PETERSENS »sydformer» förekomma från Medelhavet norrut till Västfinmarken, medan åter hans arter med obestämd utbredning äro förhanden i bägge gebiten.

En tredje ståndpunkt företrädes av MICHAELSEN (1897), som inför de mera modärna termerna, arktiska, boreala och lusitanska regionerna. MICHAELSENS arktiska region begränsas i söder av en linje, som från Cap Race på New Foundland löper parallellt med Grönlands sydostkust och avskär Islands nordkust samt därifrån till Lofoten. Området söder härom utgör den boreala regionen, som sträcker sig till den lusitanskas nordgräns. Denna följer Irlands och Englands sydkust, varjämte området omfattar även Kanalen samt Medelhavet.

Frågan om det arktiska områdets avgränsning blev särskilt aktuell, då det gällde att i »Fauna arctica» monografiskt behandla detta områdes fauna. Det sätt, varpå detta arbete verkställts, lämnar, som H. J. HANSEN (1908 s. 7) närmare belyst, åtminstone för vissa arthropoders del mycket övrigt att önska. Så t. ex. är ju DOFLEINS kompromiss med 60° n. br. som sydgräns både värdelös och vilseledande. Bättre har ZIMMER (1900, 1904) lyckats, i det han låter temperatur- och strömförhållanden fälla utslaget. Sin klaraste och bäst genomförda tillämpning har denna grundsats erhållit av APPELLÖF (1906), som på basis av hydrografiens resultat och omfattande egna undersökningar utstakat de nordliga farvattnens naturliga regioner. Dessa APPELLÖFS undersökningar skola läggas till grund för vår diskussion av Öresundsfaunans allmänna karaktär. Det är också på grundvalen av dem, som i det föregående de olika arternas utbredningskaraktär angivits.

Den arktiska regionen omfattar alla havsdelar och kuststräckor, som behärskas av polarströmmar (temperaturen i regel negativ). Dit höra följaktligen Västgrönland norr om Holstensborg, Ostgrönland norr om Danmarksundet, Jan Mayen, Nord- och Ostspetsbergen, Franz Josefs land och Novaja Semlja, kuststräckan mellan Vita havet och Karahavet samt Nordhavets stora djupbassäng, oberoende av läget i förhållande till polcirkeln. Till den b o r e a l a regionen hänföras sådana områden, som stå under inflytande av golvströmsvatten eller kustvatten, alltså Skandinaviska halvön upp till Nordkap, Nordsjön, Skagerack och Kattegatt, Shetland och Färöarna, Islands syd- och västkust. Mellan dessa bägge huvudregioner inskjutes en blandningszon, den b o r e o a r k t i s k a, omfattande de områden, där de nämnda vattenslagen mötas och där följaktligen de hydrogafiska förhållandena i särskild grad växla under olika årstider och med olika strömförhållanden. Sådana övergångsgebit äro Ostfinmar

ken, Murmankusten, Vita havet, sydvästra delen av Barents hav, Islands nord- och ostkust, sydöstra och sydvästra Grönland. Av boreoarktisk natur äro också de inre av trösklar från atlantiskt vatten avspärrade delarna av fjordarna mellan Lofoten och Nordkap. Ett motsvarande övergångsområde uppkommer vid den boreala regionens sydgräns, där atlantiska och medelhavselement blandas med de förut nämnda. Brittiska öarnas syd- och västkuster samt sydligaste Nordsjökusterna och Engelska kanalen bilda på så sätt ett boreoatlantiskt övergångsområde till den atlantiska regionen.

Inom Västatlanten ligga gränserna överallt starkt förskjutna åt söder, samtidigt som olika djupregioner visa avvikande förhållanden, varigenom jämförelsen försvåras. Det arktiska områdets sydgräns plägar förläggas norr om New Foundland och härifrån sträcker sig det boreoarktiska övergångsområdet söderut till Cap Cod.

Huvudintresset för vår del knyter sig till utbredningen inom Ostatlanten. För vinnande av större överskådlighet synes det mig ändamålsenligt att isärhålla följande fyra grupper av former, varvid det bör anmärkas, att grupperingen på grund av bristfälliga frekvensuppgifter i somliga fall möter svårigheter och lämnar rum för ett visst godtycke:

1) former med vidsträckt utbredning, vilka samtidigt förekomma i arktiska eller boreoarktiska regionen och i Atlanten söder om Kanalen.

2) former, som förekomma samtidigt i arktiska eller boreoarktiska områden och i boreala regionen men ej gå söder om Kanalen.

3) arter, som ej förekomma utanför den boreala regionen.

4) sådana former, som från Atlanten och Medelhavet intränga i men ej överskrida den boreala regionen.

Huvudmassan av de inom Öresundsområdets olika delar förekommande formerna tillhör de båda sista grupperna. I förhållande till dessa äro de, vilka kunna sägas ha en vidsträckt utbredning, få; mångtaligare äro de arktiska eller boreoarktiska i den boreala regionen utlöpande arterna.

Vidsträckt utbredning ha följande arter:

Hyperia galba	*Westwoodilla hyalina* [2]	*Ianira maculosa* [2]
Hippomedon denticulatus	*Apherusa bispinosa*	*Iæra marina*
Tryphosites longipes [1]	*Gammarus locusta*	*Crangon crangon*
Tmetonyx gulosus	*Amphitoë rubricata* [1]	*Eupagurus bernhardus*
Harpinia antennaria [1]	*Corophium crassicorne*	*Pycnogonum littorale*
Amphilochus manudens [2]	*Unciola planipes*	

Samtidigt förekommande inom arktiska eller boreoarktiska områden, men ej överskridande den boreala (eller boreoatlantiska) regionens sydgräns äro:

[1] Inom boreoarktiskt område endast angiven för Ostfinmarken, men där konstant förekommande
[2] Endast obetydligt inträngande i atlantiskt område.

Hyperoche kröyeri
Argissa hamatipes
Phoxocephalus holbölli
Ampelisca macrocephala
Byblis gaimardii
Haploops tubicola
Monoculodes packardi
Gammarellus homari[4]
Melita dentata
Mæra lovéni
Protomedeia fasciata
Gammaropsis melanops
Photis reinhardi
Ischyrocerus anguipes
Dulichia porrecta
» *monacantha*[1]
» *falcata*[1]
Caprella linearis
» *septentrionalis*
Lamprops fasciata[1]
Leucon nasica
» *nasicoides*
Eudorella emarginata
Diastylis rathkii
» *lucifera*[2]
Brachydiastylis resima
Campylaspis rubicunda
Erythrops erythrophthalma
Praunus inermis
Michtheimysis mixta
Pandalus montagui
» *borealis*
Spirontocaris gaimardi
» *lilljeborgi*
» *spinus*
» *pusiola*
Crangon allmanni
Eupagurus pubescens
Hyas araneus
» *coarctatus*
Nymphon mixtum

Emellertid kan det ej undvikas, att denna grupp kommer att omfatta former med delvis tämligen olikartad utbredningsbild, i det en del äro kända endast från mera perifera boreoarktiska gebit, t. ex. Ostfinmarken, medan andra äro högarktiska.

Den tredje gruppen, vars utbredning omfattar endast den boreala zonen, rymmer säkerligen en del former, som efter hand komma att visa sig ha en mera vidsträckt förekomst. Hit har jag också ansett riktigast att föra några få arter, som i någon mån överskrida regionens råmärken, men om vilka man ej med säkerhet vet, att de äro konstanta faunaelement utanför den boreala regionen [3].

Bathyporeia pilosa
Amphilochoides boeckii
» *odontonyx*
Metopa sölsbergi
Synchelidium tenuimanum
Calliopius rathkei[4]
Gammarellus angulosus
Lembos longipes[4]
Ericthonius hunteri
Corophium bonelli
» *affine*
Sphæroma rugicauda
Idothea granulosa
» *viridis*
Astacilla longicornis
Janiropsis breviremis
Pleurogonium rubicundum
» *inerme*
» *spinosissimum*
Desmosoma globiceps
Heterotanais örstedii
Leptochelia danica
Leptognathia graciloides
Hemilamprops rosea
Diastylis tumida
Leptostylis villosa
Campylaspis costata
Praunus neglectus
Schistomysis spiritus
Neomysis vulgaris
Cheraphilus bispinosus
Anapagurus chiroacanthus
Nymphon gracile

Vi ha slutligen att se till, vilka former, som äro att hänföra till den fjärde gruppen, som alltså äro förhanden såväl i den boreala regionen som i Atlanten och oftast även i Medelhavet.

Orchestia gammarellus
Tryphosa nana
Harpinia crenulata
Ampelisca tenuicornis
» *brevicornis*
Perioculodes longimanus
Kröyera altamarina
Iphimedia obesa
» *minuta*
Paratylus swammerdami[4]
Melphidippella macra
Melita palmata
» *obtusata*
Cheirocratus sundewalli
Microdeutopus gryllotalpa
Aora gracilis
Lembos websteri
Gammaropsis maculatus
Photis longicaudata
Ericthonius brasiliensis
Corophium grossipes

---

[1] Inom boreoarktiskt område endast angiven för Ostfinmarken men där konstant förekommande.
[2] Angiven talrik vid Ostfinmarken samt inom västatlantiskt boreoarktiskt område.
[3] Så t. ex. angivna från Ostfinmarken eller Bretagne utan närmare frekvensuppgift.
[4] Kan även hänföras till grupp 1.

Phthisica marina
Pariambus typicus
Idothea baltica
Eudorella truncatula
Pseudocuma longicornis
Erythrops elegans
Mysidopsis didelphys [1]
» *gibbosa*
Mysidopsis angusta
Leptomysis gracilis
Gastrosaccus spinifer [1]
Macropsis slabberi
Praunus flexuosus [1]
Schistomysis ornata [1]
Pandalina breviostris
Hippolyte varians
Leander squilla
» *adspersus*
Galathea intermedia
Anapagurus laevis
Inachus dorsettensis
Portunus depurator
» *pusillus*
Carcinus mænas

Av dessa äro emellertid ett par visserligen med hänsyn till förekomsten inom Atlanten att ställa i denna grupp, men på grund av totalutbredningen att anse som kosmopoliter, så *Idothea baltica* och *Carcinus mænas,* troligen också *Ericthonius brasiliensis.* Detsamma gäller även om några föregående grupper tillhöriga, exv. *Gammarus locusta, Caprella linearis, Phthisica marina* samt möjligen *Aora gracilis.*

Se vi på de olika arternas fördelning inom skilda delar av Öresundsområdet erhålla vi följande talförhållanden:

Område	Antal arter tillhörande				Summa
	Grupp 1	Grupp 2	Grupp 3	Grupp 4	
Norr om Hälsingborg	17	41	33	45	136
» » Landskrona-Vedbæk	13	34	22	32	101
Söder » » »	6	12	7	13	38

I stort sett har faunan med hänsyn till de olika elementens relativa antal ungefär likformig karaktär inom hela området, skillnaden ligger, som synes, i den olika rikhaltigheten, varom det siffermässiga uttrycket nog så talande vittnar. Och tar man i betraktande endast de allmänna formerna och bortser från de »utlöpande», blir artfattigdomen i området söder om Landskrona—Vedbæk än mera påfallande (se förteckningen och s. 80 ff.).

Nära till hands låge nu en jämförelse med å ena sidan Östersjön å andra Kattegatt, men på grund av den bristfälliga kännedom vi äga om dessa havsområdens fauna, framförallt i vad det gäller de konstanta faunaelementen, är denna uppgift för närvarande omöjlig att genomföra.

Jag skall inskränka mig att fastslå, vad som omedelbart framgår av ovanstående tabell, att de atlantisk-boreala och boreala arterna utgöra drygt hälften, de arktisk-boreala endast en tredjedel av faunan i dess helhet. Belysande för faunans karaktär är vidare, att av alla inom Sundet iakttagna former endast tio ej äro anträffade vid Brit. öarna. Härav äro emellertid fem, *Bathyporeia pilosa, Amphilochoides boeckii, Metopa sölsbergi, Synchelidium tenuimanum* och *Gammarellus angulosus,* blott kända från delar av den boreala regionen. Av de övriga äro *Pandalus borealis* och *Photis reinhardi,* vilken senare ej når vidare långt in å boreoarktiskt område, erhållna i södra Nordsjön.

[1] Endast obetydligt inträngande å atlantiskt område.

Endast *Leucon nasicoides*, *Michtheimysis mixta* samt *Gammaropsis melanops*, som äro anträffade i rent arktiska trakter, äro okända även från Nordsjöområdet.

I detta sammanhang torde det vara lämpligt att erinra om, vad som f. ö. redan av Metzger (s. 309), i senare tid av Reibisch (1914 s. 225) betonats, att Kattegatt (detta gäller även Öresund) ligger mycket lättare tillgängligt för norrifrån invandrande organismer än de sydligare Nordsjöområdena. Längs Norska rännan erbjuder sig en jämförelsevis lätt trafikabel kommunikationsled in i Skagerack, östra Kattegatt och Öresunds djupränna, i viss mån även ned i Stora Bält. Appellöfs (1905 s. 72) fynd av karaktäristiska arktiska amfipoder i södra delen av Rännan (temp. å 292 m. $5^{0}83$ C.) verifiera ju denna uppfattning. Häri har man helt visst att söka den måhända förnämsta anledningen till att Kattegatt, som Heincke påvisat, i molluskfaunan har en mera nordlig prägel än Helgolandsområdet och detta så mycket snarare, som detta förhållande i östra Kattegatt är vida starkare markerat än i västra. Det är redan framhållet, att Öresunds krustacéfauna visar nära anslutning till östra Kattegatts, och, om därför i dessa områden de arktisk-boreala formerna skulle vara relativt starkare framträdande, är detta ju alldeles i överensstämmelse med vad, som på grund av föreliggande förhållanden är att vänta.

Slutligen torde ett par ord vara på sin plats i anledning av den tolkning, som givits dessa förhållanden och den förmenta förhandenvaron av arter med diskontinuerlig utbredning. Det är redan uppvisat, att de åberopade krustacéerna icke låta sig användas i detta sammanhang. Däremot finns det onekligen i Öresund lika väl som i Östersjön och angränsande havsområden enstaka former med mer eller mindre utpräglat diskontinuerlig utbredning, vilka förtjäna särskild uppmärksamhet.

von Hofsten rubricerar som otvetydiga glaciala relikter i havsfaunan *Astarte borealis* och *Pontoporeia femorata*. Båda förekomma såväl i arktiska området som i Östersjön, och båda uppvisa den diskontinuitet, som är karaktäristisk för relikterna. Men i någon mån är denna diskontinuitet liksom utbredningen i Östersjön av olika omfattning hos de bägge arterna. *Pontoporeia femorata* förekommer i Sundet och Bälterna, i Kattegatt och vid Bohuslän, är anträffad på två ställen vid norska västkusten, varefter den vid Ostfinmarken åter uppträder konstant. *Astarte borealis* går visserligen genom Sundet och Bälterna upp i södra Kattegatt i enstaka individer, men med undantag för ett eller ett par fynd i Bergenstrakten samt ett par från mellersta Nordsjön (norr om St. Fiskarebanken 1 ex., norr om St. Slikbanken 2 ex., Schrader) saknas den upp till Lofoten.

Inom Öresundsområdet förekomma i varje fall två arktisk-boreala former, *Diastylis rathkii* och *Michtheimysis mixta*, vilkas utbredning synes mig röja en anmärkningsvärd parallellism med de nyssnämnda arternas [1].

[1] Möjligen kan *Phoxocephalus holbölli* också av samma grund göra anspråk på uppmärksamhet, i det att den från arktiska och boreoarktiska regionen går ned mot den borealas sydgräns, förekommer i Östersjön, men anmärkes uppträda i reducerad frekvens vid Norges boreala kuster (Sars), möjligen fast långt ifrån säkert även i norra Kattegatt.

Redan MEINERT (1890 s. 202) har ifråga om *Diastylis rathkii* antytt, att Östersjön måhända vore ett annat centrum för arten vid sidan om det arktiska. I anslutning till denna tankegång skulle jag, under starkt betonande av det hypotetiska i åskådningssättet också ur den synpunkten, att dess raison d' être är beroende av litteraturuppgifter, vilkas faktiska underlag undandrar sig bedömande, vilja uppta de nämnda arternas utbredningsförhållanden till en närmare granskning.

Michtheimysis mixta har, som nämnts, en vidsträckt utbredning inom det arktiska området och är i Östersjön långt upp i Bottniska viken allmän, liksom fallet befunnits vara i Öresund. I litteraturen uppges den saknas såväl i egentliga Kattegatt och Skagerack som i Nordsjön. Från södra Kattegatts gränsområde mot Sundet kännes den dock liksom från en av Skageracks fjordar. Den anges dessutom vid Norge från Kristiania- och Trondhjemsfjordarna samt naturligen från Finmarken. Sannoliktkan man ej med fog tala om ett verkligt diskontinuerligt utbredningsgebit, då de nu bestående luckorna otvivelaktigt torde komma att utfyllas, men egendomligt vore, om ett djur skulle i vissa områden ha kunnat helt undgå fångstredskapen, om det där uppträder i samma talrikhet som annorstädes. Man misstager sig därför troligen icke, om man av utbredningsuppgifterna utläser en väsentligt minskad frekvens i de havsområden, där arten nu uppges saknas. I mångt och mycket samma bild erbjuder *Diastylis rathkii*. Å ena sidan vidsträckt arktisk utbredning och förekomst i Östersjön, å andra sidan rapporteras den vara icke allmän i sydöstra, sällsynt i västra och okänd i östra Kattegatt (Skagen—Anholt). Men vid Bohuslän finns den, liksom i Norska rännan och längs hela Norge. Även om ett utbredningsavbrott icke helt kan uteslutas, är det även i detta fall avgjort säkrast att antaga allenast en frekvensolikhet.

Det är denna sällsynthet eller frånvaro i större eller mindre delar av det mellan arktiska regionen och Östersjön liggande området, kontrasterande mer eller mindre skarpt mot talrikheten inom de nämnda områdena, som är det gemensamma draget i dessa formers utbredningsbild. Hur skall detta förhållande förklaras? Rent teoretiskt är det säkerligen icke omöjligt, att med MEINERT tänka sig utbredningen ha försiggått från tvänne håll. Från en relikt härd i Östersjön, som kunnat överleva Littorinatidens varmare vatten, ha nya marker erövrats i norr, medan samtidigt förposterna från den arktiska regionen ryckt allt längre mot söder. På så sätt ha de temporärt åtskilda bestånden allt mera närmat sig varandra. I sistnämnda fallet återstår blott en del av Kattegatt och Skagerack att erövra, och *Michtheimysis mixta's* bägge kolonner ha visserligen mötts, men i övergångsområdet är talrikheten ej så stor. *Pontoporeia femorata* har framskridit längs Bohuslän men blivit efter vid Norge, *Astarte borealis* åter har av en eller annan anledning blivit efter i våra nejder men längs Norge framträngt till Lofoten, förposter ha visat sig vid Bergen och i mellersta Nordsjön.

Öresundsområdet är alltså lika väl som vissa delar av Nordsjön djurgeografiskt ett gränsområde, där former med skilda utbredningscentra och av olika utbredningsvidd mötas och blandas. Nordsjön ligger väl till för inmarsch, i flera fall från

två håll, av atlantiska element, medan dessa vid framträngandet till Kattegatt och Öresund ha en längre och säkerligen mera svårtrafikabel väg att tillryggalägga. Å andra sidan äro de sistnämnda områdena lättare tillgängliga för i Norska rännan norrifrån framträngande former. Också från ett annat håll har vårt Västerhavs djurvärld i mera begränsad omfattning kunnat rekryteras, och detta sammanhänger med dess grannskap till Östersjön och detta områdes åtminstone i ett hänseende mera självständiga faunakaraktär. Och måhända föreligger härutinnan en analogi till vad, som konstaterats inom Nordsjöområdet (Reibisch 1914 s. 226), att former, som från Atlanten invandrat såväl söderifrån genom Kanalen som norrifrån längs Brit. öarnas kust, ännu icke sett sina områden sammansmälta utan fortfarande befinnas åtskilda av en lucka vid Skotlands sydkust.

Summary.

1) Through the researches carried out a not inconsiderable number of forms have been shown to exist in Öresund that had not before been met with there, but had only been known from the Skager Rak or Kattegat; a smaller number are unknown in these sea-districts.

2) The fauna of the Öresund district, as regards vertical distribution, may be divided into a littoral fauna, poor in species, and a far richer sub-littoral fauna. The lower limit of the littoral fauna practically coincides with the 20-metre curve. The fauna is on the whole identical with what C. G. Joh. Petersen characterized as the *Macoma*-community. The littoral forms are almost without exception present at least in the west part of the Baltic Sea, several extending far into that district. The sub-littoral fauna inhabits the deeper parts (20—50 metres) of the Sound and consists of forms which seldom and as a rule only in solitary examples are met with in the west part of the Baltic Sea. The species *Diastylis rathkii* and *Michtheimysis mixta*, which occur in quantities, constitute exceptions to this. The sub-littoral fauna inhabits for the most part the clay bottom and, as regards its composition, may be identified with Petersen's *Haploops*-community.

3) As a result of bathymetric and hydrographic conditions, a sharply marked alteration in the character of the fauna takes place in the neighbourhood of Ven, at the line Landskrona—Vedbaek. North of this the sub-littoral fauna is present, but southwards for the most part only the littoral fauna can be traced, and this also is more richly developed north of Ven.

4) A closer examination of the composition of the fauna north of the Landskrona—Vedbaek line shows that the fauna of the east of the Kattegat can be observed, in an essentially unaltered state, down to the limit mentioned, while again a number of the species characteristic of the west of the Kattegat are absent or only seldom found.

This far-reaching consistency in the sub-littoral fauna is made possible by the prevailing harmony in the hydrographic conditions, as shown by Danish researches. The parts of the Sound lying below 20 metres may on the whole be said to present the same conditions in temperature and saltness as the east of the Kattegat south

of Anholt; the upper strata of the water are on the other hand subject to considerable changes in these respects, in addition to which the degree of saltness of the Baltic water in Öresund is lower than in the surface layers of the Kattegat. Probably in the first place on account of the smaller variation of temperature in the lower strata of the water (see p. 78) a number of species can be met with in Öresund and the south-east of the Kattegat at an essentially smaller depth than is usual within the open Scandinavian sea-region. Likewise the unfavourable conditions in the surface strata drive a number of otherwise littoral forms to find a lower place in the sub-littoral regions. A concentration of the vertical regions has in a measure taken place.

5) The composition of the fauna lends no support to the hypothesis, put forward by Lönnberg, of the persistence of an arctic character in the fauna. The forms existing in the boreal and atlantic-mediterranean regions constitute the majority, and of those existing in arctic or boreo-arctic regions only three are met with in Öresund that have not been observed on some part of the coast of the British Isles or in the southern North Sea. Probably the crustacean fauna, as has been shown to be the case in the Kattegat as regards molluscs, shows relatively a somewhat larger number of arctic-boreoarctic-boreal forms and a somewhat smaller number of atlantic-boreal forms than the southern North Sea, but this fact finds its natural explanation in the greater ease with which the forms coming from the north could enter the Skager Rak along the Norwegian channel and pass on through the eastern Kattegat to Öresund.

Litteraturförteckning.

1905. Appellöf, A., Havbundens dyreliv. Hjort, Norges Fiskerier, del. 1. Bergen.

1906. —, Die decapoden Crustacéen. Meeresfauna von Bergen. Hft. 2—3.

1912. — Invertebrate Bottom Fauna of the Norwegian Sea and North Atlantic. Murray and Hjorth, The depths of the Ocean. London.

1906. Apstein, C., Lebensgeschichte von Mysis mixta Lillj. in der Ostsee. Wiss. Meeresunters. N. F. Bd 9. Abt. Kiel.

1908. —, Die Isopoden (Asselkrebse) der Ostsee. Schr. d. Naturwiss. Ver. für Schleswig—Holstein. Bd XIV. 1909.

1896—99. Beretning fra Kommissionen for videnskabelig Undersøgelse af de danske Farvande, Kjöbenhavn.

1913. Björck, W., Decapoden aus dem Kattegat und dem Skagerak. Ark. f. zool. Bd 8. N:o 3.

1913. —, Biologisch-faunistische Untersuchungen aus dem Öresund I. Pantopoda, Mysidacea und Decapoda. Lunds Univ:s årsskr. N. F. Afd. 2. Bd 9. N:o 17.

1884. Blanc, H., Die Amphipoden der Kieler Bucht. Verh. d. K. Leopold—Carol. deutsch. Akad. d. Naturforscher. Bd 47. 1885.

1914. Blegvad, H., Undersøgelser over Næring og Ernæringsforhold hos Havbundens invertebrate Dyresamfund i danske Farvande. Ber. fra den danske biol. Station. XXII.

1897. Brandt, K., Die Fauna der Ostsee, insbesondere die der Kieler Bucht. Verh. d. deutsch. zool. Gesellsch. 1897.

1858. Bruzelius, R., Bidrag till kännedomen om Skandinaviens Amphipoda gammaridea. K. V. A:s handl. Bd 3. N:o 1.

1912. Calman, W. T., The Crustacea of the Order Cumacea in the collection of the United States National Museum, Proc. U. S. N. Mus. vol. 41.

1887. Chevreux, E., Catalogue des Crustacés amphipodes marins du Sud-Ouest de la Bretagne. Bull. Soc. Zool. de France. Vol. XII.

1900. —, Amphipodes provenant des Campagnes de l'Hirondelle (1885—88). Resultat des Camp. Sci. Albert I:er. Fasc. XVI.

1903. Cleve, P. T., Plankton-researches in 1901 and 1902. K. V. A:s handl. Bd 36 N:r 8. 1902—03.

1900. Doflein. F., Die decapoden Krebse der arktischen Meere. Fauna arctica. Bd 1.

1897. Ehrenbaum, E., Die Cumaceén und Schizopoden von Helgoland. Wiss. Meeresunters. N. F. Bd 2.

1913—14. Ekman, S., Studien über die marinen Relikte der nordeuropäischen Binnengewässer 1 u. 3. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. und Hydrogr. Bd 5—6.

1912. Farran, G. P., Clare Island Survey 40. Decapoda. Proc. Roy. Irish Acad. Vol. XXXI.

1886. Forsstrand, C., Det arktiska hafsområdets djurgeografiska begränsning med ledning af skalkräftornas utbredning. Upsala. Diss.

1913. Gilson, G., Sympoda (Cumacea). Cons. perm. int. pour l'explor. de la mer: Bull. trim., Resumé des observ. sur le plankton. P. III.

1863. Goës, A., Crustacea decapoda podophthalma marina Sueciæ, interpositis speciebus norvegicis aliisque vicinis. Övers. K. V. A:s förh. Bd 20.

1866. —, Crustacea amphipoda maris Spetsbergiam alluentis, cum speciebus aliis arcticis. Övers. K. V. A:s förh. Bd 22.

1913. Grieg, J. A., Bidrag til Kundskaben om Hardangerfjordens fauna. Bergens Mus. Aarbog 1913 n:r 1.

1884. Hansen, H. J., Fortegnelse over de hidtil i de danske Have fundne Pycnogonider eller Søspindler. Nat. hist. tidskr. 3 Række. Bd 14.

1908. —, Crustacea Malacostraca I. Danish »Ingolf»-Expedition. Vol. III, 2.

1909. —, Revideret Fortegnelse over Danmarks marine Arter of Isopoda, Tanaidacea, Cumacea, Mysidacea og Euphausiacea. Vidensk. Meddel. fra den naturh. Foren. i København 1909.

1913. —, Crustacea Malacostraca II. Danish »Ingolf»-Expedition. Vol. III, 3.

1896. Heincke, F., Beiträge zur Meeresfauna von Helgoland II. Die Mollusken Helgolands. Wiss. Meeresunters. N. F. Bd I.

1909. Helfer, H., Biologisch-faunistische Beobachtungen an Pantopoden der Nord-und Ostsee. Diss. Kiel.

1913. von Hofsten, N., Glaciala och subarktiska relikter i den svenska faunan. Pop. nat. vet. Revy. Bd 3. 1913.

1912. Jägerskiöld, L. A., Om marina, glaciala relikter i nordiska insjöar. Ymer Bd 32. h. 1.

1864. Kinahan J. R., Synopsis of British Crangonidæ and Galatheidæ. Proc. Roy. Irish Acad. Vol. VIII.

1899. Knudsen, M., De hydrografiske Forhold i de danske Farvande inden for Skagen i 1894—98. Ber. fra Komm. f. vidensk. Unders. af de danske Farvande. Bd 2. h. 2.

1905. —, Havets naturlære. København 1905.

1913. Kramp, P. L., Schizopoda. Cons. perm. int. pour l'explor. de la mer: Bull. trim., Resumé des observ. sur le plankton. P. III.

1907. Kylin, H., Studien über die Algenflora der schwedischen Westküste. Diss. Upsala.

1908. Lagerberg, T., Sveriges decapoder. Göteb. Vet. och Vitterh. samh. handl. 4:de följd XI: 1.

1878. Lenz, H., Die wirbellosen Thiere der Travemünder Bucht. Jahresber. d. Komm. z. wiss Unters. d. deutschen Meere in Kiel. Jahrg. IV—VI. Anhang. Berlin.

1852. Lilljeborg, W., Hafs-Crustacéer vid Kullaberg. Öfvers. K. V. A:s förh. IX.

1855. —, Om Hafs-Crustacéer vid Kullaberg i Skåne. Öfvers. K. V. A:s förh. XII.

1864. —, Bidrag till kännedomen om de inom Sverige och Norrige förekommande crustacéer af Isopodernas underordning och Tanaidernas familj. Inbj. skr. t. Inst. Upsala.

1855. Lindström, G., Bidrag till kännedomen om Östersjöns invertebrat-fauna. Övers. K. V. A:s förh. XII.

1898. Lönnberg, E., Undersökningar rörande Öresunds djurlif. Medd. fr. K. Landtbruksstyrelsen. N:o 1 år 1898.

1899. —, Fortsatta undersökningar rörande Öresunds djurlif. Medd. fr. K. Landtbruksstyrelsen N:o 1 år 1899.

1903. —, Undersökningar rörande Skeldervikens och angränsande Kattegat-områdes djurlif. Medd. fr. K. Landtbruksstyrelsen N:o 2 år 1902.

1903. Mayer, P., Die Caprellidæ der Siboga-Expedition. Siboga-Expeditie. Monogr. XXXIV.

1877—78. Meinert, Fr., Crustacea Isopoda, Amphipoda et Decapoda Daniæ. Nat. hist. tidsskr. R. 3, Bd 11.

1879—80. —, Crustacea Isopoda, Amphipoda et Decapoda Daniæ (Første Tillæg). Nat. hist. tidsskr. R 3, Bd 12.

1890. —, Crustacea Malacostraca. Vid. Udb. af Kanonbaaden »Hauchs» Togter. III.

1875. Metzger, A., Crustacéen aus den Ordnungen Edriophthalmata und Podophthalmata. Jahresber. d. Comm. z. wiss. Unters. d. deutschen Meere in Kiel. Jahrg. II u. III.

1865—72. Meyer, H. A. und Möbius, K., Fauna der Kielerbucht. Bd I—II.

1897. Michaelsen, W., Die Polychætenfauna der deutschen Meere. Wiss. Meeresunters. N. F. Bd 2.

1910. Mortensen, Th., Report on the Echinoderms. Danmarkexp. t. Grønlands nordøstkyst 1906—08. Bd V. n:o 4.

1873. Möbius, K., Die wirbellosen Thiere der Ostsee. Jahresber. d. Comm. z. Wiss. Unters. d. deutschen Meere in Kiel. Jahrg. I.

1905. Nordgaard, O., Hydrographical and biological Investigations in Norwegian Fiords. Bergen

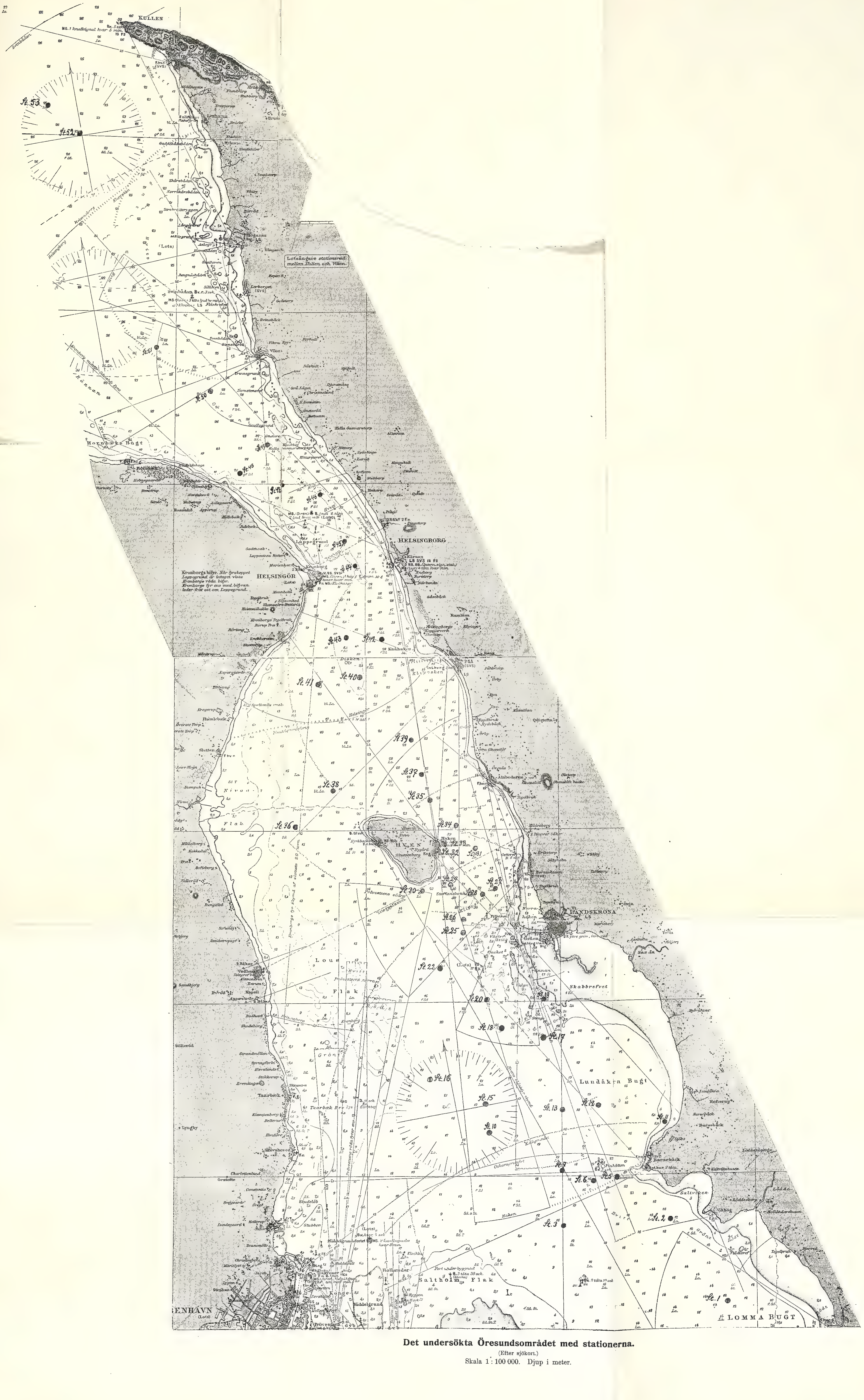
1890. NORDQVIST, O., Bidrag till kännedomen om Bottniska vikens och norra Östersjöns evertebratfauna. Medd. af Soc. pro Fauna et Flora Fenn. 17.
1900. NORMAN, A. M., British Amphipoda. Ann. Mag. Nat. Hist. 7 ser., Vol. 5.
1902. —, Notes on the Natural History of East Finmark. Ann. Mag. Nat. Hist. 7 ser., Vol. 10.
1908 —, The Podosomata of the Temperate Atlantic and Arctic Oceans. Journ. Linn. Soc. Zool. Vol. 30.
1895. OHLIN, A., Bidrag till kännedomen om Malakostrakfaunan i Baffin Bay och Smith Sound. Diss. Lund.
1901. —, Arctic Crustacea I—II. Bih. K. V. A:s handl. Bd 26. Afd. IV. N:o 12; Bd 27 Afd. IV. N:o 8.
1896. ORTMANN, A., Grundzüge der marinen Tiergeographie. Jena.
1908. OSTENFELD, C. H., Aalegræssets (Zostera marina's) Vækstforhold og Udbredelse i vore Farvande. Ber. fra den danske biol. Stat. XVI.
1888. PETERSEN, C. G. JOH., Om de skalbærende Molluskers Udbredningsforhold i de danske Have indenfor Skagen. Diss. Kjøbenhavn.
1889. —, Echinodermata. Vid. Udb. af Kanonb. »Hauchs» Togter I.
1893. —, Nogle almindelige Resultater. Vid. Udb. af. Kanonb. »Hauchs» Togter V.
1911—13. —, Havets Bonitering I—II. Ber. fra den danske biol. Stat. XX, XXI.
1900. — og LEVINSEN, J. CHR. L., Travlinger i Skagerak og det nordlige Kattegat i 1897 og 98. Ber. fra den danske biol. Stat. IX.
1891. PETTERSSON, O. och EKMAN, G., Grunddragen af Skageracks och Kattegats hydrografi. K V. A:s handl. Bd 24 n:o 11.
1897. —, De hydrografiska förändringarna inom Nordsjöns och Östersjöns område under tiden 1893—97. K. V. A:s handl. Bd 29 n:o 5.
1905—06. REIBISCH, J., Faunistisch-biologische Untersuchungen über Amphipoden der Nordsee I—II. Wiss. Meeresunters. N. F. Bd 8—9. Abt. Kiel.
1914. —, Die Bodenfauna von Nord-und Ostsee. Verh. d. deutsch. Zool. Ges. s. 221—235.
1912. RUPPIN, E., Beitrag zur Hydrographie der Belt-und Ostsee. Wiss. Meeresunters. N. F. Bd 14. Abt. Kiel.
1905. RICHARDSON, H., A monograph on the Isopods of North America. Bull. U. S. Nat. Mus. n:o 54.
1896. RØRDAM, K., De hydrografiske Forhold i de danske Farvande inden for Skagen i 1891—93. Ber. fra Komm. f. vidensk. Unders. af de danske Farvande. Bd 1: 1—2. Kjøbenhavn.
1870—79. SARS, G. O., Carcinologiske bidrag til Norges fauna I. Monografi over de ved Norges Kyster forekommende Mysider. Hft 1—3. Christiania.
1879. —, Nogle Bemærkninger om den marine Faunas Character ved Norges nordlige Kyster. Tromsø Museums Aarsh. II.
1890. —, Bidrag til Kundskaben om Decapodernes Forvandlinger III. Arch. f. Mathem. og Naturvid. Bd XIV.
1895. —, An account of the Crustacea of Norway. Vol. I. Amphipoda. Christiania.
1899. —, An account of the Crustacea of Norway. Vol. II. Isopoda. Bergen.
1900. —, An account of the Crustacea of Norway. Vol. III. Cumacea. Bergen.
1911. SCHRADER,[1] E., Lamellibranchiaten der Nordsee. Wiss. Meeresunters. N. F. Bd 12. Abt. Kiel.
1879. SMITH, S. I., The stalk-eyed Crustaceans of the Atlantic Coast of North America north of Cape Cod. Trans. Conn. Acad. Arts. Sc. Vol. 5. p. 1.
1900. SOKOLOWSKY, A., Beiträge zur Meeresfauna von Helgoland XI. Die Amphipoden Helgolands. Wiss. Meeresunters. N. F. Bd 4. Abt. Helgoland.
1911. STAPPERS, L., Crustacés malacostracés. Duc D'Orleans, Campagne arctique de 1907.
1906. STEBBING, T. R. R., Amphipoda, I Gammaridea. Tierreich, Lief. 21. Berlin.
1913. —, Cumacea. Tierreich, Lief. 39. Berlin.
1910. STEPHENSEN, K., Revideret Fortegnelse over Danmarks marine Arter af Decapoda. Vidensk. Medd. fra den naturh. Foren. i København 1909.

1910. Stephensen, K., Storkrebs I. Skjoldkrebs. Danmarks fauna N:o 9. København.
1913. —, Grönlands Krebsdyr og Pycnogonider (Conspectus etc.). Medd. om Grønland XXII.
1880. Stuxberg, A., Evertebratfaunan i Sibiriens ishaf. Bih. K. V. A:s handl. Bd 5 N:o 22.
1911. Süssbach, S. und Breckner, A., Die Seeigel, Seesterne und Schlangensterne der Nord-und Ostsee. Wiss. Meeresunters. N. F. Bd 12. Abt. Kiel.
1904. Tattersall, W. M., The Marine Fauna of the Coast of Ireland 5. Isopoda. Fish., Ireland, Sci. Invest. 1904 (II).
1911. —, Isopoden. Nord. Plankton Lief. 14.
1912. —, Clare Island Survey 41. Cumacea, Schizopoda etc. Proc. Roy. Irish Acad. Vol. XXXI.
1913. —, Clare Island Survey 42. Amphipoda. Proc. Roy. Irish Acad. Vol. XXXI.
1895. Walker, A. O., Revision of the Amphipoda of the L. M. B. C. district. Trans. Liv. Biol. Soc. Vol. IX.
1898. —, Malacostraca from the West Coast of Ireland. Trans. Liv. Biol. Soc. Vol. XII.
1898. —, Crustacea, collected ... in Puget Sound. Trans. Liv. Biol. Soc. Vol. XII.
1913. Wedemeyer, H., Die Carididen der Nordsee. Wiss. Meeresunters. N. F. Bd 15. Abt. Kiel.
1908. Wollebæk, A., Remarks on Decapod Crustaceans of the North Atlantic and the Norwegian Fiords I—II. Bergens Mus. Aarbog 1908 N:o 12.
1878. Zaddach, G., Die Meeresfauna an der preussischen Küste I. Amphipoda. Schr. d. Physikökon. Ges. zu Königsberg. Jahrg. 19.
1900. Zimmer, C., Die arktischen Cumacéen. Fauna arctica. Bd 1.
1904. —, Die arktischen Schizopoden. Fauna arctica. Bd 3.
1909. —, Schizopoden. Nord. Plankton Lief 12.
1911. Zirwas, C., Die Isopoden der Nordsee. Wiss. Meeresunters. N. F. Bd 12. Abt. Kiel.
1844. Örsted, A. S., De regionibus marinis. Hauniæ.

(Tryckningen avslutad den 28 April 1915.)


Tofta
Axeltofta
Saxån
Björnhuse
ra Bugt
Lundåkra
Hofterup
Barsebäck
St. 11
Sjöbo
Löddeköpinge
Barsebäck
Saltviksbusen
Saltviken
Lödde
Löddesborg
Vikhög
Holländarehusen
St. 2
Grönt
Rödt
Flädierer
Tegelbruk
Bjerred
St. 1
LOMMA BUGT

erna.



Det undersökta Öresundsområdet med stationerna.

(Efter sjökort.)

Skala 1 : 100 000. Djup i meter.

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 11. Nr 8.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 26. Nr 8.

ZUR MORPHOLOGIE UND SYSTEMATIK DER GATTUNG ALCHEMILLA

VON

SV. MURBECK

MIT 4 TEXTFIGUREN

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Der K. Physiographischen Gesellschaft vorgelegt am 10. März, 1915.

LUND 1915
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

In letzter Zeit hat man der Gattung *Alchemilla*, wie bekannt, von verschiedenen Gesichtspunkten aus besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Manche interessante Verhältnisse sind hiebei ans Licht gekommen. Artsystematische Studien haben ergeben, dass bestimmte Gruppen der Gattung sich aus einer grossen Zahl morphologisch nahe übereinstimmender, trotzdem aber erstaunlich konstanter Typen zusammensetzen und die Formbeständigkeit derselben hat in der Entdeckung eine Erklärung gefunden, dass die Ausbildung eines Embryos bei ihnen einen rein vegetativen Vorgang darstelle, indem dieselbe auf parthenogenetischen Wege vor sich geht; anderseits erwiesen sich die Formen, bei welchen Befruchtung tatsächlich stattfindet, wieder wegen des endotropen Verlaufes des Pollenschlauches von Interesse, weil die sogen. Chalazogamie durch diesen Befund in neues Licht gerückt wurde.

Jedoch auch von gewissen anderen Gesichtspunkten aus regt die Gattung *Alchemilla* zu näheren Studien an. Der Blütenbau kann, so einfach er auch ist, keineswegs als geklärt angesehen werden und die jetzige Gruppeneinteilung der Gattung steht in wichtigen Punkten mit den tatsächlichen Verhältnissen in Widerstreit; auch mit Rücksicht auf die verwandtschaftlichen Beziehungen der Gattung ist die gebräuchliche Auffassung höchst unbefriedigend.

Die folgende Darstellung beabsichtigt, die genannten morphologischen und systematischen Fragen zu beleuchten.

1. Die Morphologie der Blüte.

Bei sämmtlichen Alchemillen hat das Hypanthium, wie bekannt, die Form einer Urne oder eines Bechers (des s. g. Kelchbechers), von dessen Boden das Pistill oder die Pistille entspringen und dessen Rand sich gegen das Centrum der Blüte zu einer horizontalen, rundlich vierkantigen, secernierenden Scheibe (im folgenden Discus genannt) verbreitert, aus deren ziemlich enger Öffnung der Griffel herausragt. Von der Aussenkante des Hypanthiums entspringen 4 krautige, in der Knospe klappige Kelchblätter, deren breite Basen sich den vier Seiten des Discus unmittelbar anschliessen; ausserhalb der Kelchblätter, und zwar mit diesen abwechselnd, finden sich ferner bei fast allen Arten Stipulargebilde, Nebenkelchblätter. Bei keiner *Alchemilla* sind dagegen jemals Kronblätter beobachtet worden. Die Staubgefässe sind bei der Gruppe *Eualchemilla*, also bei den zahlreichen *A. vulgaris*- und *alpina*-Formen, in Vierzahl vorhanden; sie sind zwischen den Sepalen und ausserhalb der abgestumpften Ecken des Discus gelegen (Fig. I).

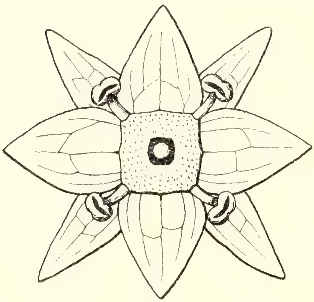


Fig. I.
Blüte einer *Eualchemilla*.
(*A. paradoxa* Hochst. aus Abyssinien.) — 12/1.

Wie ist nun dieser Blütenbau der Eualchemillen zu deuten?

Der gebräuchlichen Auffassung gemäss, sollte die Abwesenheit der Kronblätter auf Abort beruhen, was ja auch an und für sich verständlich genug erscheinen könnte. Da die vorhandenen Staubgefässe jedoch eine alternisepale Stellung zeigen und der fehlgeschlagenen Blütenkrone daher opponiert sind, muss man, wie schon Eichler hervorhebt (Blüthendiagramme, II, p. 506, 1878), zur Bekräftigung der Auffassung, dass die Krone abortiert ist, zu einer neuen Annahme greifen, dass nämlich ein weiter nach aussen befindlicher episepaler Staubblattkreis ebenfalls ausgefallen ist. Diese letzterwähnte Annahme erscheint jedoch nur wenig wahrscheinlich, teils deshalb, weil die vorhandenen Staubgefässe, so weit nur irgend denkbar, an die

Peripherie gerückt sind, indem sie tatsächlich den Platz einnehmen, auf dem sich bei den übrigen Rosaceen die Kronblätter befinden, teils auch deshalb, weil der äussere Androecealkreis bei anderen Rosaceen mit vereinfachtem Blütenbau erhalten zu sein pflegt, während der innere im Gegensatz hiezu oft unterdrückt ist. Man muss sich daher nach einer anderen Erklärung umsehen.

Eine solche ist auch bereits vor langer Zeit vorgeschlagen worden, allerdings nur andeutungsweise und ohne die geringste Motivierung, was auch die Ursache dazu sein mag, dass sie so wenig beachtet wurde. In einem kurzen Artikel in der Botanischen Zeitung, 1856, macht Roeper (p. 485) bei Besprechung der Verwandtschaftsverhältnisse der Gattung *Alchemilla* folgende Äusserung: »Sie unterscheidet sich von *Tormentilla* z. B. nur dadurch, dass die Stelle der 4 Petala durch Staubgefässe ersetzt ist, dass letztere in dem verhältnismässig dicken Nectariumringe gewissermassen untergegangen sind» etc. Roeper ist also ohne Zweifel der Auffassung gewesen, dass es bei *Alchemilla* im Gegensatz hiezu das Androeceum war, das abortiert ist, und dass die vier Staubgefässe in Wirklichkeit umgebildete Petala vorstellen. Eichler meint zwar, dass »diese Ansicht viel für sich hat», aus seiner Discussion geht aber nicht hervor, wie weit er sich derselben wirklich anschliesst.

Dass diese letzterwähnte Deutung indessen als die richtige anzusehen ist, will ich hier zu zeigen suchen.

Zunächst ist da hervorzuheben, dass es zwar nicht gewöhnlich ist, dass Petala in Gestalt von Staubgefässen auftreten (das Gegenteil ist ja eine sehr verbreitete Erscheinung), dass sich aber doch hiefür verschiedene Beispiele finden. So habe ich in einer kürzlich veröffentlichten Arbeit [Über die Baumechanik bei Änderungen im Zahlenverhältnis der Blüte (Acta Univers. Lund., Nova ser., T. XI, N:o 3, 1914)] gezeigt (p. 7, Fig. 2), dass die Kronblätter bei *Comarum palustre*, wo die Krone stets schwach entwickelt ist und einzelne Petala bisweilen fehlen, oft genug — und zwar insbesondere bei schwachen Individuen oder bei den zuletzt entwickelten Blüten — tatsächlich durch Staubgefässe ersetzt sind und dass ihre Umwandlung in derartige Organe einen Schritt in Richtung des Verschwindens bedeute. — Das gleiche Verhältnis begegnen wir bisweilen bei der mit den Rosaceen naheverwandten Familie der *Saxifragaceæ*. So erwähnt Roeper in einem Artikel mit der Rubrik »*Saxifraga granulata apetala decapentandra*» (Botanische Zeitung 1856, p. 481), dass in der Umgebung von Schwerin mehrere Exemplare der erwähnten Art gefunden worden sind, »an welchen die Kronblätter als solche gänzlich fehlten, während sie in gewandelter Gestalt (als vollständig ausgebildete, den normal vorhandenen Staubgefässen durchaus gleichende Organe) diejenige Stelle einnahmen, welche ihnen von Rechtswegen gebührte»[1]. P. Magnus [Verhandl. d. Botan. Vereins

[1] Wie bereits erwähnt, hat Roeper für seine Auffassung der Apetalie von *Alchemilla* keine Motivierung gegeben, aber es erscheint höchst wahrscheinlich, dass er zu ihr gerade durch die erwähnte Beobachtung bei *Saxifraga granulata* geführt wurde und dies umsomehr als seine beiden Mitteilungen sich in ein und derselben Zeitschriftsnummer finden.

d. Prov. Brandenburg, Jahrg. XVIII, p. 100—101 (Sitz.-ber. v. 27. Juli 1877)] hat später die gleiche Form von *Saxifraga granulata* auf dem Paelitzwerder im Paarsteiner See, gleichfalls in zahlreichen Exemplaren aufgefunden; ausser Individuen mit ausschliesslich apetalen Blüten fanden sich an diesem Orte auch Übergänge zu der typischen Form, und Magnus betont, dass bei diesen Übergangsformen die sich zuletzt öffnenden, also kleineren und schwächer entwickelten Blüten in höherem Grade umgewandelte Petala zeigten als die früher auftretenden. Die gleiche Variation von *Saxifraga decipiens* Ehrh. wurde von Magnus l. c. für den Harz erwähnt, und eine auf genau die gleiche Art beschaffene Form von *Sax. virginiensis* Michx. ist von Sterns (Bull. of the Torrey Botan. Club, XIV, 6, p. 122—25, 1887) auf dem Manhattan Island, N. Y., aufgefunden worden [1]. — Auch innerhalb anderer Verwandtschaftskreise begegnet man hie und da der besprochenen Erscheinung. Dass *Capsella Bursa pastoris* mit 10 Staubgefässen auftreten kann, deren vier äusserste umgebildete Petala darstellen, ist oft beobachtet worden (siehe Penzig, Pflanzen-Teratologie, I, p. 267, 1890) und ich habe in meinen »Untersuchungen über den Blütenbau der Papaveraceen» (K. Svenska Vetensk.-Akad:s Handl., Bd. 50, N:o 1, 1912) bezüglich verschiedener Repräsentanten dieser Familie, wie *Papaver Rhœas* und *P. hybridum*, *Rœmeria hybrida*, *Glaucium corniculatum*, *Argemone mexicana* und *Meconella oregana*, nachgewiesen, dass sich bei Individuen, die unter besonders ungünstigen äusseren Verhältnissen aufgewachsen sind und in Folge dessen ganz kleine oligandrische Blüten entwickelt haben, die inneren Petala, oder bisweilen auch die äusseren, zu typischen Staubblättern umwandeln, bevor sie vollkommen verschwinden. — In allen eben erwähnten Fällen hat die Umwandlung einen mehr zufälligen Character, wenn sie auch, wie insbesondere bei *Comarum* und den Papaveraceen, unter bestimmten Bedingungen regelmässig zu stande kommt. Es finden sich jedoch auch Beispiele für ihr constantes Auftreten. So habe ich bezüglich der kronblattlosen Papaveraceengattungen *Macleaya* und *Bocconia* gezeigt (l. c., p. 76—91), dass die Apetalie nur scheinbar ist, indem die Petala normal vorhanden sind, aber stets in Gestalt typischer Staubblätter auftreten. — Unter solchen Umständen kann die Auffassung, dass die vier Staubgefässe von *Eualchemilla* metamorphorisierte Kronblätter darstellen keinen Anstoss erwecken; sie wird im Gegenteil dadurch recht glaubhaft, dass die Gattung *Alchemilla*, was die Unansehnlichkeit der Blüten betrifft, zu der Mehrzahl anderer Rosaceen sich ebenso verhält wie *Macleaya* und *Bocconia* zu den übrigen Papaveraceen.

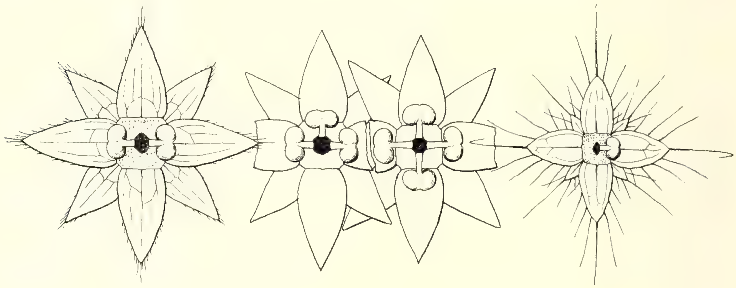
Für die Richtigkeit dieser Deutung kann man jedoch auch andere und wichtigere Gründe anführen. In meiner oben citierten Arbeit über die Baumechanik der Blüte habe ich dargelegt, dass, wenn eine vierzählige Blüte von *Alchemilla* (ich denke hiebei fortfahrend nur an *Eualchemilla*) sich in eine fünfzählige umwandeln

[1] Bezüglich der s. g. »cryptopetalen» Formen einiger arktischen *Saxifraga*-Arten, z. B. *S. cernua*, *grœnlandica*, *stellaris*, macht Warming [Structure & Biology of Arctic Flowering Plants, I (Meddel. om Grönland, Vol. XXXVI, p. 233)] folgende Bemerkung: »In some cases the petals at the same time that they were becoming small, were in the act of developing anthers at their apices».

soll und daher das Auftreten eines fünften Staubgefässes erforderlich ist, dieses neue Staubblatt zwar unter einer bestimmten Voraussetzung, dass nämlich s. g. epipetale Pleiomerie vorliegt, ganz einfach durch Spaltung eines bereits vorhandenen auftritt, dass der Vorgang aber in anderen Fällen, dort nämlich, wo episepale Pleiomerie vorhanden ist, auf andere Weise vor sich geht, indem das neue Staubgefäss in diesem Falle durch Umwandlung eines Kelchblattsegmentes entsteht. In entsprechender Weise verhält es sich dort, wo die Vierzahl der Blüte durch die Dreizahl ersetzt werden soll: ist die Reductionstätigkeit episepal, so verschwindet ein Staubgefäss dadurch, dass zwei einander naheliegende mit einander verschmelzen, geht aber der Vorgang epipetal vor sich, so erfolgt seine Ausschaltung anstatt dessen auf die Weise, dass es mit einem Kelchblatt verschmilzt und in ein solches aufgeht. Bei bestimmten Formen von Anomomerie (siehe die erwähnte Arbeit) entstehen oder verschwinden daher Staubgefässe bei *Alchemilla* regelmässig auf die Weise, dass sie von einem Kelchblatt abgetrennt werden, resp. mit einem solchen verschmelzen. Wenn die Staubgefässe wirklich Glieder des Androeceums wären, also einem Kreise angehörten, ausserhalb dessen man nicht nur eine abortierte Krone, sondern auch einen fehlgeschlagenen episepalen Staubblattkreis voraussetzen müsste, erschiene es kaum wahrscheinlich, dass der Vorgang auf angegebene Weise verlaufen würde. Leicht verständlich wird das erwähnte Verhältnis dagegen, wenn die fraglichen Organe die Krone darstellen, da es ja keine seltene Erscheinung ist, dass einzelne Petala dadurch verschwinden, dass sie in Kelchblätter aufgehen oder dass sie durch petaloide Umwandlung eines Kelchblattsegmentes entstehen.

Eine noch kräftigere Stütze der Auffassung, dass die fraglichen Staubgefässe umgebildete Petala vorstellen, bietet inzwischen der Blütenbau bei denjenigen Alchemillen, die zur Section *Aphanes* einzureihen sind. Ich will bereits hier hervorheben, dass ich unter diesen Sectionsnamen nicht nur *Alchemilla arvensis* (L.) Scop. und ihre nächsten Verwandten innerhalb der mediterranen Region verstehe, sondern auch zahlreiche süd- und centralamerikanische Arten, die von Focke und Andern als eine eigene Section, *Lachemilla*, betrachtet wurden, die aber, wie ich weiter unten zeigen werde, in allem Wesentlichen mit *A. arvensis* übereinstimmen. Alle diese *Aphanes*-Typen haben ein wesentlich anders beschaffenes Androeceum, da ihre Staubgefässe episepal stehen und sich nicht ausserhalb des Discus befinden, sondern innerhalb desselben (siehe Figg. II, 1—4); auch sind ihre Antheren durchgehends nach aussen geneigt und nicht nach innen. Bei der Mehrzahl der Arten sind diese Staubgefässe nur in Zweizahl vorhanden (einander gegenüberstehend) und bei *A arvensis* etc. findet sich bekanntlich nur ein einziges. Bei der andinen Art *A. venusta* Ch. & Schlecht. (H. v. Türckheim, Fl. v. Guatemala, Dep. Alta Verapaz, N:o 1621) habe ich jedoch in 16 Blüten (mehr als 10 % der untersuchten) drei Staubgefässe, in der auf Fig. II, 2 wiedergegebenen Anordnung, gefunden und bei *A. orbiculata* Ruiz & Pav., von der ich lebendes, aus mexikanischen Samen stammendes Material untersuchen konnte, habe ich nicht nur zahlreiche triandrische Blüten, sondern auch ein paar tetrandische von dem Bau angetroffen, der in Fig. II, 3 angegeben wurde.

Es ist also offenbar, dass die gewöhnlich in Zweizahl vorhandenen *Aphanes*-Staubgefässe die Reste eines in vollständigem Zustande vierzähligen Blattkreises darstellen und dass dieser Kreis mit dem Staubblattkreis von *Eualchemilla* nicht identisch ist. — Aus Untersuchungen, die ich bei der Mehrzahl der Rosaceen-Gattungen vorgenommen habe und wie ich hoffe in kurzer Zeit veröffentlichen kann, ist hervorgegangen, dass das Androeceum der Rosaceen stets auf zwei Kreise, einen äusseren episepalen und einen inneren epipetalen, zurückgeführt werden kann, von welchen der letztere jedoch sehr oft unterdrückt ist. Da nun die Staubgefässe, die sich bei der hier besprochenen Section der Gattung *Alchemilla* finden, stets episepale Stellung haben, kann man sie nur als den äusseren Staubblattkreis auffassen. Es mag vielleicht etwas eigentümlich erscheinen, dass ein Staubblattkreis, und noch dazu ein äusserer, von dem Innenrand des Discusringes ausgeht, nachdem die



1 2 3 4

Fig. II.

1—3. Blüten der süd- & centralamerikanischen *A. orbiculata* R. & Pav. — 4. Blüte der nordafrikanischen mit *A. arvensis* (L.) Scop. nahe verwandten *A. floribunda* Murb. — $^{12}/_{1}$.

Staubgefässe der übrigen Rosaceen sich, wie zahlreich sie auch sind, ausserhalb des Discusringes zu finden pflegen oder an seinem Aussenrand. Der Discus von *Alchemilla* ist jedoch, was die Entwicklungsgeschichte zeigt, eine durch interkalares Wachstum entstandene sekundäre Bildung und der besagte Unterschied besteht daher nur darin, dass die interkalierte Zone bei dieser Gattung ausserhalb, bei den anderen innerhalb der Staubblätter entsteht. Übergänge zwischen den beiden Typen finden sich übrigens bei den Gattungen *Rhodotypus* und *Coleogyne*, indem der Discus, der ein Dach oder eine hohe Kuppel über das ebenso wie bei *Alchemilla* ausgehöhlte Hypanthium bildet, bei diesen auf einem grossen Teil seiner Oberfläche mit Staubgefässen bekleidet ist und solche bei *Rhodotypus* oft genug auch auf seinem Innenrand trägt. — Wenn die Staubgefässe der *Aphanes*-Gruppe daher als der äussere Androecealkreis der Rosaceen aufgefasst werden müssen, so ist es ohne weiters klar, dass die Staubgefässartigen Organe von *Eualchemilla* umgewandelte Petala darstellen.

Die *Alchemilla*-Blüte ist dann in folgender Weise zu deuten. Sowohl bezüglich der Krone als auch bezüglich des Androeceums hat sie starke Reduction erlitten. Bei *Eualchemilla* ist die Krone zwar noch erhalten, aber offenbar auf dem Wege zu verschwinden, da ihre Blätter die Gestalt männlicher Sexualblätter angenommen haben; beide Androecealkreise sind vollkommen unterdrückt. Bei *Aphanes* ist die Krone vollständig verschwunden und vom Androeceum nur der äussere Kreis erhalten, der überdies bloss zwei Glieder oder nur ein einziges enthält. Zumindest was die Krone betrifft weist die *Aphanes*-Gruppe daher die stärkste Reduction auf; zu dieser Gruppe gehören ja gerade auch die Arten mit den kleinsten Blüten, wie *A. arvensis, A. subalpestris, A. velutina* etc.

In diesem Zusammenhange verdient eine von Eichler an gezogenen Exemplaren von *A. alpina* gemachte Beobachtung hervorgehoben zu werden. Ausser den vier normalen, ausserhalb des Discus befindlichen Staubgefässen behauptet genannter Forscher (Blüthendiagramme, II, p. 506) ziemlich häufig noch weitere 1—3 gefunden zu haben, die episepale Stellung aufwiesen und von dem Innenrand des Discusringes ausgingen. Obwohl ich bei Durchmusterung von tausenden von Blüten, sowohl von gezogenem als von spontanem Material, vergebens nach solchen Staubgefässen gesucht habe, scheint doch kein Anlass vorhanden zu sein, die Richtigkeit von Eichler's Beobachtung zu bezweifeln. Sie ist von nicht geringem Interesse, nachdem sie beweist, dass die beiden erwähnten Strukturtypen ausnahmsweise kombiniert auftreten können. Entsprechend der Deutung, die ich oben zu begründen gesucht habe, ist in solchen Fällen sowohl ein Kreis zu Staubgefässen umgewandelter Kronblätter wie auch ein unvollständiger äusserer Androecealkreis zur Stelle. Die erwähnte *Alchemilla*-Art scheint daher ausnahmsweise eine Annäherung zu dem vollständigeren Blütenbau zeigen zu können, der sich bei der Mehrzahl der Rosaceen-Gattungen findet. Wenn diese Annäherung atavistisch ist und wenn die Angabe von einem spontanen Auftreten der Pflanze auf dem amerikanischen Continent richtig ist (siehe z. B. »North American Flora», publ. by the New York Bot. Garden, Vol. 22, p. 379, 1908) — *A. alpina* wäre dann vielleicht die einzige Art innerhalb der Gattung, die der neuen und der alten Welt wirklich gemeinsam ist — so dürfte man nicht unberechtigt vermuten, dass der von Eichler beobachtete *A. alpina*-Typus innerhalb der Gattung der älteste ist und dass sich von diesem teils die zahlreichen jetzt lebenden *Eualchemillæ*, teils die *Aphanes* etc. entwickelt haben.

2. Die Gruppeneinteilung der Gattung.

In seiner Bearbeitung der Rosaceen in Engler und Prantl's »Die natürlichen Pflanzenfamilien» (III. Teil, 3. Abt., 1894) hat Focke die Gattung *Alchemilla* in drei Sectionen geteilt, die er auf folgende Weise benennt und characterisiert.

Sect. I. *Eualchemilla* Focke. — Staubblätter 4, zwischen den Kelchblättern stehend. — Eur., As., Afr.

Sect. II. *Aphanes* (L., als Gattung). — Staubblätter nur 1—2, sonst wie vorige. — Fast kosmopol.

Sect. III. *Lachemilla* Focke. — Staubblätter 2, vor 2 Kelchblättern stehend. — Süd- & Centr.-Amer.

Die süd- und centralamerikanischen Arten repräsentieren daher nach Focke eine eigene Section, *Lachemilla*, die durch episepale Stellung der Staubgefässe characterisiert sein soll. Lagerheim, der noch einige weitere für diese Artengruppe specifische Kennzeichen gefunden zu haben glaubte [Ueber die andinen *Alchemilla*-Arten (K. Svenska Vetenskaps-Akad:s Förhandl. 1894, p. 15—18)], geht in gleicher Richtung noch einen Schritt weiter, indem er Focke's *Lachemilla* zum Range eines Subgenus erhebt, das mit Focke's Sectionen *Eualchemilla* + *Aphanes* gleichwertig sein soll[1]. Die Auffassung genannter Forscher ist jedoch unhaltbar und erklärt sich nur dadurch, dass sie es, im Vertrauen auf die Richtigkeit gewisser in der Literatur vorfindlicher Angaben über das Androeceum der Section *Aphanes*, unterliessen, die Stellung der Staubgefässe und ihre sonstige Beschaffenheit bei den Repräsentanten dieser Section näher zu untersuchen. Es ist gewiss vollkommen richtig, dass die Staubgefässe bei sämmtlichen andinen Arten episepal sind und dass sie, übereinstimmend mit Lagerheim's Beobachtungen, an dem Innenrande des Discus entspringen und ausserdem nach aussen gewendete Antheren zeigen; es ist auch richtig, dass diese Charactere constante Unterschiede gegenüber den Repräsentanten der Section *Eualchemilla* darstellen. Mit Rücksicht auf die Section *Aphanes* bedeuten sie dagegen nur eine Übereinstimmung.

Im Sinne der genannten Forscher sollten die *Aphanes*-Staubgefässe zwar alternisepal sein, was auch mit dem von Eichler über »*A. Aphanes*» Geäusserten und mit dem Diagramm übereinstimmt, das er für diese Art wiedergibt (l. c. p. 505, Fig. 214 B). Diese Angabe entspricht jedoch nicht den tatsächlichen Verhältnissen. Bei genauer Untersuchung, für welche jedoch ziemlich starke Vergrösserung notwendig ist — ich habe teilweise ein Binocularmikroskop von Zeiss, teils einige für andere Zwecke verfertigte Mikrotomschnitte verwendet — hat es sich nämlich ge-

[1] P. A. Rydberg ist in seiner Darstellung der Rosaceen in »North American Flora», Vol. 22, noch weiter gegangen, indem er *Alchemilla* in vier Genera teilt, deren eines *Lachemilla* ist. Wie bekannt fasst dieser Phytograph den Genusbegriff jedoch weit enger als gebräuchlich.

zeigt, dass die 1—2 Staubgefässe sowohl bei *A. arvensis* als auch bei andern mir zugänglichen *Aphanes*-Arten, wie *A. microcarpa* B. & R., *A. cornucopioides* R. & S. und *A. floribunda* MURB., im Gegenteil eine episepale Stellung einnehmen[1]. Was ferner LAGERHEIM's Angabe betrifft, dass die Staubgefässe sämmtlicher *Alchemillæ*, mit Ausnahme der andinen Arten, teils am Aussenrande des Discus befestigt sind, teils introrse Antheren besitzen, so ist auch dies unrichtig, da die *Aphanes*-Arten sich, was diese beiden Merkmale betrifft, genau so verhalten wie die andinen. — Da sich auch kein anderer Unterschied findet, so ist es klar, dass die FOCKE'schen Sectionen *Aphanes* und *Lachemilla* zu einer vereinigt werden müssen und dass zur Bezeichnung derselben der ältere Name *Aphanes* zur Anwendung kommen muss.

Indessen muss jedenfalls eine dritte Section aufgestellt werden. LAGERHEIM hat a. a. O. die interessante Beobachtung mitgeteilt, dass bestimmte andine Arten der Nebenkelchblätter entbehren und hat sich, da man das Vorhandensein oder



Fig. III.
Alchemilla appendiculata (WEDD. mnscr.) MURB. — 6/5.

Fehlen dieser Organe als einen Character von nicht geringer systematischer Bedeutung ansehen muss, auch veranlasst gesehen, seine Untergattung *Lachemilla* in zwei Sectionen, *Eu-Lachemilla* und *Fockella*, zu teilen. Die zu der erstgenannten gehörigen zahlreichen Arten, die alle mit Nebenkelchblättern versehen sind, müssen, wie oben dargelegt wurde, mit den europäischen Repräsentanten der Gruppe *Aphanes* vereinigt werden. Die zu *Fockella* gehörigen verdienen dagegen auf Grund des totalen Fehlens von Nebenkelchblättern zweifellos als dritte Section betrachtet zu werden. Wie LAGERHEIM kenne ich nur zwei Arten als zu dieser Gruppe gehörig. Ich glaube durch ein paar Figuren und eine ganz kurze Beschreibung ihre Organisation beleuchten zu müssen.

Die eine Art (Fig. III und Fig. IV, 1—4) liegt in den Sammlungen des schwedischen Reichsmuseums mit folgender Etikette: »G. MANDON. Plantæ Andium Boli-

[1] Eine solche Stellung hat tatsächlich das Staubgefäss auf der Figur von *A. arvensis*, die in BAILLON's Histoire des Plantes, Tome I, p. 357 (1867—69) wiedergegeben ist. In den von mir 1900 veröffentlichten Figuren von *A. arvensis* und *A. floribunda* [Contributions Fl. du N.-O. de l'Afrique (Acta Univ. Lund., XXXVI, Abt. 2, N:o 1, p. 32)] ist das Staubgefäss dagegen falsch gestellt; seine tatsächliche Stellung entspricht der auf Fig. II, 4 wiedergegebenen.

viensium N:o 669. — *Alchemilla appendiculata* Wedd. mnscr. — Hab.: Prov. Larecaja. Viciniis Sorata; alto de Ticonguaya, Assilaya, in paludosis. Reg. alpina 3500—5000 m. Oct. 1856—Apr. 1857.» — Diese Art zeigt, auch wenn man vom Fehlen der Nebenkelchblätter absieht, mehrere höchst auffallende Eigentümlichkeiten[1]. Es muss insbesondere hervorgehoben werden, dass die Blattspreite eine ganz eigenartige Gestalt aufweist, indem sie von unten gesehen an der Spitze nur dreizähnig erscheint (Fig. IV, 3), während von oben her betrachtet noch zwei andere Lappen sichtbar werden, die unmittelbar an der Basis der Blattspreite entspringen und mit ihrem Innenrand weit hinauf mit dem Mittelnerv der Spreite verwachsen

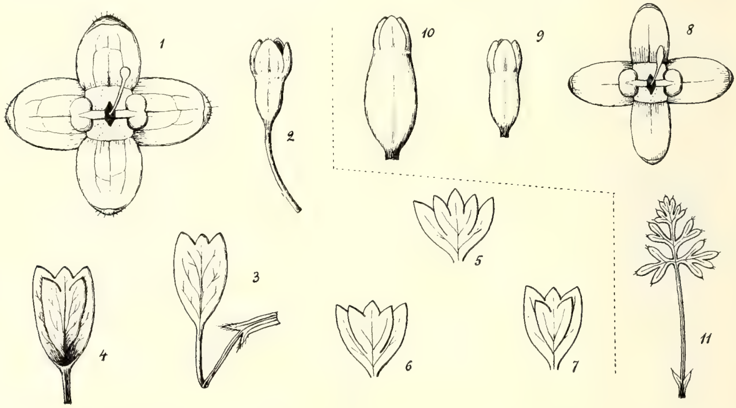


Fig. IV.

1—4: *A. appendiculata* (Wedd. mnscr.) Murb. — 1. Blüte; 10/1. — 2. Blüte in jungem Fruchtstadium; 5/1. — 3. Blatt von der Unterseite gesehen; 8/1. — 4. Blattspreite von der Oberseite gesehen; 8/1. — 5—7. Siehe den Text. — 8—11: *A. Mandoniana* Wedd. — 8. Blüte; 10/1. — 9, 10. Blüten in jungem bzw. älterem Fruchtstadium; 8/1. — 11. Basalblatt; 2/1.

sind (Fig. IV, 4). Diese soviel ich weiss einzigartige Blattform scheint sich am leichtesten von einem fünflappigen Blatt ableiten zu lassen, dessen beide unterste

[1] Da die Art nicht publiciert worden zu sein scheint, liefere ich hiemit eine kurze Diagnose derselben: **A. appendiculata** (Wedd. mnscr.) m. — Planta minima, perennis. Rhizoma tenue, repens. Caulis valde abbreviatus (1—2 cm.), adscendens, simplex, vaginis foliorum numerosis approximatis strigulosis fere omnino occultus. Folia omnia æqualia, longe petiolata, plurima patentia; stipulæ minimæ, lanceolatæ, integræ, strigulosæ; lamina ovato-cuneata, 4—7 mm. longa, subcoriacea, sæpe canaliculato-complicata, a facie inferiore visa antice 3-crenata, a superiore visa duabus ultra laciniis margine sericeis munita, quarum margo exterior tota longitudine, interior apice tantum liber, ceterum nervo medio folii adnatus. Flores in axillis foliorum, ut videtur, solitarii, glabri, pedunculo longo glaberrimo insidentes. Sepala externa omnino deficientia, interna late elliptica, concava, apice rotundato tantum pilis sparsis brevissimis ornata. Stamina 2, sepalis opposita, margini interiori disci inserta; antheræ extrorsæ. Stylus 1, stigmate clavato-capitato.

Lappen sich unter den beiden darauf folgenden verschoben und gleichzeitig weit hinauf mit dem Mittellappen vereinigt haben, mit welchem auch die Innenränder der beiden oberen Seitenlappen in dem grössten Teile ihrer Länge verwachsen sind; der Process würde also mit dem übereinstimmen, was auf den schematischen Figg. IV, 5—7 angegeben ist. Auch dadurch, dass die langgestielten Blüten einzeln in der Achsel der Stengelblätter zu stehen scheinen (infolge der Dürftigkeit des Materials habe ich jedoch diesbezüglich nicht volle Gewissheit erhalten können), weicht diese Pflanze so weit von den anderen *Alchemillæ* ab, dass man darüber ins Schwanken kommen könnte, wie weit sie tatsächlich zu dieser Gattung zu rechnen sei.

Die zweite Art, *A. Mandoniana* Wedd., von der in Lunds Botanischem Museum ein Exemplar aus den Anden von Ecuador (Coll. R. Spruce 1857—59, N:o 5133, sub nom. »A. aphanoides Auct. var.») vorliegt, benimmt jedoch allen Zweifel bezüglich der Zugehörigkeit der vorigen, indem sie sowohl durch ihre Blattform wie durch ihre übrigen Charactere den *Alchemilla*-Typus wiedergibt (siehe Fig. IV, 8—11). Im Blütenbau unterscheidet sie sich von *A. appendiculata* durch länglichere Kelchblätter und mehr cylindrische Narbe (Fig. IV, 8). Von Nebenkelchblättern findet sich, ebenso wie bei dieser letztgenannten, keine Spur.

Da man also die beiden letzt besprochenen Arten als Repräsentanten einer besonderen Section zu betrachten hat, erhält man folgende Gruppeneinteilung der Gattung:

Sect. I. *Eualchemilla* Focke. — Nebenkelchblätter vorhanden. Staubblätter 4, ausserhalb des Discus befestigt, alternisepal, mit introrsen Antheren. — Europa, Asien, Afrika.

Sect. II. *Aphanes* [L. (als Gattung); Focke (erweitert)]. — Nebenkelchblätter vorhanden. Staubblätter (1—)2(—4), am Innenrande des Discus befestigt, episepal, mit extrorsen Antheren. — Fast kosmopol.; zahlreiche Arten in Süd- und Central-Amerika.

Sect. III. *Fockella* Lagerh. — Ohne Nebenkelchblätter. Staubblätter 2, am Innenrande des Discus befestigt, episepal, mit extrorsen Antheren. — Bisher nur zwei andine Arten bekannt.

3. Die Verwandtschaft der Gattung.

Wie bekannt ist man allgemein der Auffassung, dass die Gattung *Alchemilla* ihre nächsten Verwandten innerhalb der *Sanguisorbeæ* hat.

Einzelne Forscher haben zwar gegen eine solche Auffassung Einspruch erhoben. So äussert Roeper in der Botan. Zeitung, 1856, p. 485: »ich kann nicht umhin, *Alchemilla* ihre richtige, allein richtige Stelle bei den *Dryadeæ* zu beanspruchen. Ihr Blüthenstand, ihr Calyx stipulatus, der Bau ihrer Stamina, der Bau ihres Karpells lässt keine andere Anreihung zu», u. s. w. In Übereinstimmung hiemit versetzt auch Ascherson in seiner Flora d. Prov. Brandenburg (1864) die fragliche Gattung zu der Unterfamilie der *Dryadoideæ*, wobei er hervorhebt (p. 197), dass sie sich durch die vermittelnde Gattung *Sibbaldia* an *Potentilla* anschliesst. Auf gleiche Weise geht Focke in seiner Darstellung der Familie der Rosaceen in Koch-Hallier's Synopsis d. Deutschen und Schweizer Flora (1891) vor, wo er p. 822 über *Sibbaldia* äussert: »Die Gattung ist kaum von *Potentilla* zu unterscheiden, bezeichnet aber eine Übergangsstufe zu *Alchemilla*».

Sowohl Focke als auch Ascherson haben jedoch später ihre Meinung geändert. In Focke's im Jahre 1894 veröffentlichter Bearbeitung der Rosaceen in Engler & Prantl's »Die natürlichen Pflanzenfamilien» (III. 3, p. 43) ist die Gattung *Alchemilla* daher, ohne dass hiefür irgendwelche Begründung gegeben würde, zu den *Sanguisorbeæ* gestellt worden und das gleiche ist in Ascherson & Graebner's Synopsis, Bd. VI. 1. p. 385 (1902) der Fall, wo die Verfasser sich als Stütze für ihr Vorgehen hauptsächlich auf Focke's Autorität berufen. — Auch in anderen systematischen Arbeiten der letzten Zeit wird *Alchemilla* in die Gruppe der *Sanguisorbeæ* eingereiht.

Dass dies jedoch nicht als richtig angesehen werden kann und dass diese Gattung in weit näherer Beziehung zu der Gruppe der *Potentilleæ* und speciell zur Gattung *Sibbaldia* steht, will ich hier zu zeigen suchen.

Was in erster Linie die Auffassung veranlasst hat, dass *Alchemilla* zu den *Sanguisorbeæ* gehört, ist offenbar die becher- oder schliesslich urnenartige Form des Hypanthiums. Hiebei muss jedoch hervorgehoben werden, dass Gattungen, bei welchen diese Bildung tief ausgehöhlt ist, sich innerhalb der meisten Rosaceengruppen finden. Wenn man die *Pomoideæ* und *Neuradoideæ*, bei denen die Karpelle wenigstens unten mit dem Hypanthium verwachsen sind, aus der Betrachtung ausschaltet, kann man also sagen, dass dasselbe bei *Cercocarpus* röhrenförmig, bei *Neillia* und *Adenostoma* tief becherförmig, bei *Rosa* urnenförmig, bei *Rhodotypus* abgeflacht urnenförmig mit enger Mündung ist und dass die beiden zu den *Potentilleæ* gehörigen Gattungen *Horkelia* und *Ivesia* oft ein tief glockenförmiges Hypanthium aufweisen. Bei *Sibbaldia* ist es breit glockenförmig, so dass die Früchte, wie Focke sagt (Koch-Hallier, l. c.), »von der Cupula halb umschlossen sind». Man kann

tatsächlich sagen, dass *Sibbaldia* mit Rücksicht auf die Form des Hypanthiums einen Übergang zwischen *Alchemilla* und *Potentilla* darstellt. Was dessen Consistenz betrifft, so herrscht zwischen *Alchemilla* und *Sibbaldia* Übereinstimmung, während bei *Agrimonia* und *Sanguisorba* bald genug starke Verhärtung eintritt. Mit der Gruppe der *Sanguisorbeæ* zeigt das Hypanthium von *Alchemilla* insofern eine specielle Übereinstimmung, als seine Mündung von einem scheibenförmigen Discus bedeckt wird; hiebei muss jedoch hervorgehoben werden, dass diese Discusscheibe sich bei *Alchemilla* ausserhalb der eigentlichen Staubgefässe befindet, während sie im Gegensatz hiezu bei sämmtlichen *Sanguisorbeæ* stets innerhalb des Androeceums auftritt. — Jedesfalls ist es offenbar, dass man der Ausbildung des Hypanthiums zur Klärung der hier vorliegenden Frage keine grössere Bedeutung zumessen kann.

Was die sonstigen Eigenschaften betrifft zeigt *Alchemilla* kaum irgendwelche bemerkenswerte Ähnlichkeit mit den *Sanguisorbeæ*, aber wichtige Übereinstimmung mit den *Potentilleæ* und insbesonders mit der Gattung *Sibbaldia*.

Mit Rücksicht auf das vegetative System will ich nur darauf hinweisen, dass die verschiedenen Blatttypen von *Alchemilla* — der gefingerte ebenso wie der weit seltenere fiederförmige — sich bei *Potentilla* wiederfinden, während dagegen bei den *Sanguisorbeæ* der fiederförmige Typus fast allein vorkommt. Die Inflorescenzen von *Alchemilla* gehören ferner ebenso wie die von *Potentilla* und *Sibbaldia* dem cymösen Typus an, indem sie aus Dichasien bestehen, deren Äste in Wickel übergehen, während bei den *Sanguisorbeæ* dagegen der botrytische Inflorescenz-Typus vorherrschend ist.

Noch wichtigere Stützpunkte stellen jedoch die Sexualorgane dar. Was die Staubgefässe betrifft, so bilden die Theken von *Alchemilla* wie bekannt beinahe einen rechten Winkel mit dem Filament, was zu Folge hat, dass die beiden Spalten, mit welchen die Theken sich öffnen, mit einander in einer Linie liegen; sie verschmelzen ausserdem zu einer einzigen horizontalen Spalte, die auf diese Weise quer über die Anthere zu laufen scheint (siehe Fig. I). Einen Übergang hiezu stellt *Sibbaldia* dar, indem die Theken oben stark convergieren; die Spalten bilden daher mit einander beinahe einen rechten Winkel und verschmelzen auch mit ihren oberen Enden. Es mag ferner hervorgehoben werden, dass die Antheren bei dieser letztgenannten Gattung sehr leicht abfallen, nachdem der Pollen entleert ist; die Ablösung erfolgt zwar nicht mit Hilfe einer so deutlich hervortretenden Articulation wie bei *Alchemilla*, aber jedesfalls so, dass die Ablösungsfläche glatt ist und quer über das Filament geht.

Was die Karpelle betrifft, so muss zuerst bemerkt werden, dass sie keineswegs immer in 1—2-Zahl auftreten, wie gewöhnlich angegeben wird, wodurch sich eine Übereinstimmung mit den *Sanguisorbeæ* ergeben würde. Insbesonders bei einer Reihe andiner Arten kann ihre Zahl ziemlich gross sein; so habe ich bei *A. venusta* 2—4, bei *A. hirsuta* 1—6, bei *A. orbiculata* 3—7, bei *A. procumbens* 4—10 festgestellt. Schon hierin zeigt sich was die Karpelle betrifft ein wichtiger Unterschied von den *Sanguisorbeæ* und eine Übereinstimmung mit gewissen redu-

cierten *Potentilleæ*: bei unserer gewöhnlichen *Potentilla erecta* sinkt ihre Anzahl bisweilen auf 4 herab und wechselt bei *Sibbaldia procumbens* zwischen 3 und 17. — Eine andere Abweichung von den *Sanguisorbeæ* zeigen die Karpelle von *Alchemilla* dadurch, dass sie nicht sessil, sondern mit recht langen Stielen versehen sind, die zwar zuweilen mit einander verschmelzen, gewöhnlich aber von einander getrennt bleiben. Genau auf gleiche Weise verhält es sich bei *Sibbaldia*, indem die Karpelle nicht wie bei *Potentilla* auf einer gemeinsamen Erhebung sitzen, sondern mit Stielen verschiedener Länge (die innersten sind relativ lang gestielt) jedes für sich vom Boden des Kelchbechers entspringen. — Auch durch den Griffel, der bei den *Sanguisorbeæ* terminal, bei *Alchemilla* aber ausgesprochen gynobasisch ist, findet sich eine grössere Übereinstimmung mit *Sibbaldia*, indem der Griffel hier ungefähr von halber Höhe des Karpells entspringt. Auch die Form der Karpelle stimmt bei diesen beiden Gattungen vollkommen überein. Dazu kommt ferner noch, dass die Samenanlagen bei beiden hemianatrop, bei den *Sanguisorbeæ* dagegen anatrop sind.

Mit Rücksicht auf den inneren Bau der Samenanlage herrscht zwischen *Alchemilla* und *Sibbaldia* vollkommene Übereinstimmung. Ebenso wie bei *Alchemilla* [siehe Murbeck, Parthenogenetische Embryobildung in der Gattung *Alchemilla* (Acta Univers. Lund., XXXVI, Afd. 2, N:o 7, 1900)] finden sich nach Albanese's Untersuchungen [Ein neuer Fall von Endotropismus des Pollenschlauches bei Sibbaldia procumbens (Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien; Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXIII, Abt. I, Dez. 1904)] auch bei *Sibbaldia* zahlreiche junge Embryosäcke in ein und demselben Nucellus — Albanese's Fig. 10 (l. c.) zeigt genau die gleichen Verhältnisse wie die Figuren auf Tafel III meiner oben citierten Arbeit — und die bisher für die Gattung *Alchemilla* characteristiche Eigentümlichkeit, dass die Mikropyle vollständig verwächst, kommt, wie von letzterwähntem Verfasser gezeigt worden ist, der Gattung *Sibbaldia* in gleicher Weise zu.

Schliesslich ist noch hervorzuheben, dass sich die Eigentümlichkeiten, welche die nicht-parthenogenetischen Alchemillen mit Rücksicht auf das Wachstum des Pollenschlauches zeigen [siehe Murbeck, Über das Verhalten des Pollenschlauches bei Alchemilla arvensis und das Wesen der Chalazogamie (Acta Univers. Lund., XXXVI, Abt. 2, N:o 9, 1900)], auch bei *Sibbaldia* finden und dass auch bezüglich wichtiger Einzelheiten grosse Übereinstimmung herrscht. Bei beiden Gattungen wächst der Pollenschlauch also intercellulär und bedient sich während seines Verlaufs durch die Samenanlage des Integumentes, wo er bei *Sibbaldia* ebenso wie bei *Alchemilla* zwischen der äussersten und der nächstäussersten Zellschicht hervordringt.

Aus dem Angeführten dürfte in genügender Klarheit hervorgehen, dass die Übereinstimmung mit den *Sanguisorbeæ*, welche die Gattung *Alchemilla* hinsichtlich des Hypanthiums zeigt, nur als eine Analogie zu betrachten ist und dass die Gattung ihre wirklichen Verwandten innerhalb der Gruppe der *Potentilleæ* besitzt. Die Gattung *Alchemilla*

muss daher aus der Gruppe der *Sanguisorbeæ* ausgeschieden und zu den *Potentilleæ* eingereiht werden, wo sie in nächste Nähe der Gattung *Sibbaldia* zu stellen ist.

P. S. Nachdem Obenstehendes geschrieben war, habe ich von Frau Dr. Emma Jacobsson-Stiasny eine Abhandlung mit dem Titel »Versuch einer embryologisch-phylogenetischen Bearbeitung der Rosaceæ» erhalten (Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien, Mathem.-nat. Kl., Bd. CXXIII, Abt. I, Juli 1914). In dieser Arbeit, die eine wertvolle Zusammenstellung dessen gibt, was über die Embryologie der verschiedenen Rosaceen bekannt ist, und manche sehr beachtenswerte phylogenetische Betrachtungen enthält, ist die Verfasserin auf Grund ausschliesslich embryologischer Befunde zu der Auffassung gekommen, dass die Gattung *Alchemilla* von den *Sanguisorbeæ* zu den *Potentilleæ* übergeführt werden muss.

(Ausgedruckt am 30. April, 1915.)

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 11. Nr 9.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 26. Nr 9.

THE GENERAL CHARACTERISTICS OF THE FREQUENCY FUNCTION OF STELLAR MOVEMENTS

AS DERIVED FROM THE PROPER MOTIONS OF THE STARS

BY

SVEN D. WICKSELL

WITH 8 FIGURES IN TEXT

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Read in the Royal Physiographical Society April 14, 1915.

LUND 1915
PRINTED BY HÅKAN OHLSSON

This paper is one in the series of memoirs on Stellar Statistics that was inaugurated by the works of CHARLIER in Meddelanden N:s 8 and 9 of the Lund Observatory. It aims at a general characterisation of the frequency-function of stellar movements as given by the proper motions. The object of research is the proper motions of all stars of a magnitude brighter than 6.0 as taken from the correlation tables collected by CHARLIER from the *Preliminary General Catalogue* of Boss. Characteristics to the fourth order are given and some fundamental stellar constants are discussed.

Introduction.

Ever since the day when it was announced that the peculiar motions of the stars are not distributed in a hap-hazard way to give preference to no certain direction, a distribution that had before been regarded as nearly an axiom, many astronomers have been working at the problems involved in defining the nature of this distribution and its bearings on our knownledge of the stellar universe. It has then been mainly two different hypotheses that have gouverned the ideas; the hypothesis of two star-streams proposed by KAPTEYN and the ellipsoidal hypothesis of SCHWARTZSCHILD. As long as it was only a matter of choosing a function of interpolation the two-stream hypothesis answered its purpose best as it involves one more parameter than the rival hypothesis. But when it comes to the bearings on the nature of the stellar system, the ellipsoidal hypothesis is to be preferred, it being by far the most simple of the two, and more fertile for generalisation. Besides the two-stream hypothesis supposes a dual character of the Milky Way, an assumption which it is repugnant to make without necessity.

When we take the material for the investigation from the proper motions, the question of the distribution in space of the stars is met with. Clearly here is the ground for more assumptions and hypotheses. To escape this question most authors on the subject have refrained from regarding the magnitudes of the motion contenting themselves with making a statistics of the *position angles.* However, one circumstance has hereby not been duly accentuated. That is, that the characteristics of the distribution obtained from the statistics of position angles do not necessarily refer to the *linear motions* of the stars. Really they are as much a property of the *apparent motion* or any other system of stellar motion and positions in space feasible to produce the observed proper motions. The only knowledge obtained is that if the assumptions regarding the qualities of distribution of the *linear motions* are true, then the parameters have the values found. Nothing in the nature of proving the truth of the assumptions is furnished.

In order to give a description as good as possible of the distribution of the linear peculiar motions of the stars we must regard also the amounts of the motions.

The assumptions regarding the density function and the luminosity curve of the stars which are then necessary need not be of any high standard of perfection. It is enough if they are fit as functions of interpolation. Fortunately the modern results of stellar statistics give quite enough for this purpose.

The first to attack the problem of reducing the attributes of the *apparent* cross-motions to those of the *linear* motions was CHARLIER [1]. For the functions of density and luminosity CHARLIER made use of forms found in the most modern works of authors such as KAPTEYN, SEELIGER, SCHWARTZSCHILD and himself. He assumes the logarithm of the distances of the stars and the absolute magnitudes to be distributed as normal Gaussian frequency curves. Then it is shown that the characteristics (moments) of the *linear* velocities may be expressed in terms of the characteristics of the *apparent* velocities by means of only two constants. One of those constants is the mean parallax and it may be determined from the mean parallactic motion by comparing with the value of that motion found from the radial velocities. The chief difficulty arises when fixing the value of the other constant, which depends on the variation of the mean parallax for different apparent magnitudes. Having adopted a value of the constant, CHARLIER investigated the Boss' proper motions assuming as surface of equal frequency an ellipsoid of revolution.

It is now the aim of this work to seek for a more general characterisation of the distribution. The only assumption made here is that the frequency function is of the general statistical A-type, an assumption of ample elasticity. The characteristics are then computed to the fourth order. As the value of the fundamental constant adopted by CHARLIER is probably too low, and as it is difficult to fix any other definitive value otherwise than from the attributes of the motions themselves, I used a method by which I was able to leave the constants numerically indetermined, *thus obtaining the final results explicitely expressed in terms of the constants.* It then occurred to me that the fundamental constant might be obtained by comparing the results with those obtained from the radial velocities, of which an investigation has been simultaneously made by my colleague K. A. W. GYLLENBERG. As matters have turned out I have come to a modified opinion of the advisability of directly comparing the attributes of the cross-motions and the radial motions, but certain very interesting conclusions may still be drawn. However, other means of determining the constant with a high degree of probability offered themselves. It appeared that nearly all the higher coefficients change sign when varying the constant within a rather narrow range. As those coefficients are *coefficients of disturbancy* of the frequency function from its normal form this fact is of high interest, and makes it probable that the constant has a value within this range.

As before said the results depend only on the values of two statistical contants. The one is the mean parallax and is denoted by ϑ_1, and the other is

[1] CHARLIER, Studies in Stellar statistics II. Medd. från Lunds Observatorium ser. II Nr 9.

called q'. As a working hypothesis I assumed as has done Charlier, that those parameters have the same value for the whole heavens. This assumption is necessarily very provisional. It is for instance exceedingly probable that the mean parallax varies with galactic latitude, though as we here only use stars brighter than the magnitude 6.0 the variation cannot be very great. However, I have been able, when studying the results, *to let the working hypothesis drop, having procured a method to correct the final results for any systematical variation of the constants.* The amount of variation of the parameter q' in different parts of the sky is very difficult to obtain, evidently the time is not yet ripe for such a determination. Besides it is in the present case of only slight importance. The variation of the mean parallax, however, I have tried to determine by comparing the mean parallactic motion of the several regions in the sky with the mean parallactic motion of the whole heavens. The correlation coefficients and the higher characteristics being abstract numbers (of dimension zero) they are practically independent of the variation. Only the axes of the correlation ellipsoid (mean internal motion) are affected and duly corrected.

CHAPTER I.

The frequencyfunction of the *A*-type for three variables.

1. According to the theory of mathematical statistics as developed principally by BRUNS and CHARLIER the frequency-function of a unitary statistical population with three variates x, y, z generally has the form

$$F(x, y, z) = \varphi(x, y, z) + \sum B_{ijk} \frac{\partial^{i+j+k} \varphi(x, y, z)}{\partial x^i \, \partial y^j \, \partial z^k}. \tag{1}$$

If x, y, z are the deviations from the means we have

$$\varphi(x, y, z) = He^{-\frac{1}{2}f}$$

$$f = Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dyz + 2Exz + 2Fxy$$

and the quantities A, B, C, D, E, F may be determined in such a way that $i + j + k \geq 3$.

The function (1) is called the correlation function of the A-type, and the coefficient H is so chosen that:

$$\iiint_{-\infty}^{\infty} dx\, dy\, dz\, \varphi(x, y, z) = 1. \tag{2}$$

If $\nu_{\alpha\beta\gamma}$ are the *moments* about the mean of the function $F(x, y, z)$ we have

$$\iiint_{-\infty}^{\infty} dx\, dy\, dz\, x^\alpha y^\beta z^\gamma F(x, y, z) = \nu_{\alpha\beta\gamma}. \tag{3}$$

Now it may be shown that

$$\iiint_{-\infty}^{\infty} dx\, dy\, dz\, x^\alpha y^\beta z^\gamma \frac{\partial^{i+j+k} \varphi(x, y, z)}{\partial x^i \, \partial y^j \, \partial z^k} = (-1)^{i+j+k} \frac{\lfloor\alpha \; \lfloor\beta \; \lfloor\gamma}{\lfloor\alpha - i \; \lfloor\beta - j \; \lfloor\gamma - k} \lambda_{\alpha-i,\, \beta-j,\, \gamma-k} \tag{4}$$

when simultaneously $\alpha \geq i$ $\beta \geq j$ $\gamma \geq k$. Here we denote with $\lambda_{\alpha\beta\gamma}$ the moments of the function $\varphi(x, y, z)$. Whenever either $\alpha < i$ or $\beta < j$ or $\gamma < k$ the integral becomes equal to zero. As $\lambda_{\alpha\beta\gamma} = 0$ when $\alpha + \beta + \gamma$ is an odd number we see that the integral also disappears whenever $(\alpha - i) + (\beta - j) + (\gamma - k)$ is an odd number.

Hence we have for $\alpha + \beta + \gamma = 3$ or 4

(4*) $$\nu_{\alpha\beta\gamma} = \lambda_{\alpha\beta\gamma} + (-1)^{\alpha+\beta+\gamma} B_{\alpha\beta\gamma} \underline{|\alpha} \underline{|\beta} \underline{|\gamma}$$

2. Before proceeding further we first write the exponent f in the form*:

(5) $$f = Ax^2 + By^2 + Cz^2 + D_1 yz + D_2 zy + E_1 zx + E_2 xz + F_1 xy + F_2 yx$$

where $D_1 = D_2 = D \qquad E_1 = E_2 = E \qquad F_1 = F_2 = F$

and define the determinants

(6) $$\Delta = \begin{vmatrix} A, & F_1, & E_1 \\ F_2, & B, & D_1 \\ E_2, & D_2, & C \end{vmatrix} ; \qquad M = \begin{vmatrix} \lambda_{200}, & \lambda_{110}, & \lambda_{101} \\ \lambda_{110}, & \lambda_{010}, & \lambda_{011} \\ \lambda_{101}, & \lambda_{011}, & \lambda_{002} \end{vmatrix} .$$

Making a linear orthogonal transformation of the variables thus

(7) $$\begin{aligned} x &= a_{11}\,\xi + a_{12}\,\eta + a_{13}\,\zeta \\ y &= a_{21}\,\xi + a_{22}\,\eta + a_{23}\,\zeta \\ z &= a_{31}\,\xi + a_{32}\,\eta + a_{33}\,\zeta, \end{aligned}$$

we may chose the coefficients a_{ij} so that

$$f = s_1 \xi^2 + s_2 \eta^2 + s_3 \zeta^2,$$

and the coefficients s are the roots of the equation

(8) $$\begin{vmatrix} A-s, & F_1, & E_1 \\ F_2, & B-s, & D_1 \\ E_2, & D_2, & C-s \end{vmatrix} = 0.$$

Consequently we find

$$\Delta = s_1\, s_2\, s_3 ,$$

and as now the variables may be separated we find from the condition (2)

(9) $$H = \frac{(s_1 s_2 s_3)^{1/2}}{(2\pi)^{3/2}} = \frac{\Delta^{1/2}}{(2\pi)^{3/2}} .$$

3. To find the parameters of the functions $F(x, y, z)$ expressed through the moments we first remark that for $\alpha + \beta + \gamma = 2$ we have $\lambda_{\alpha\beta\gamma} = \nu_{\alpha\beta\gamma}$ and consequently

$$M \equiv \begin{vmatrix} \nu_{200}, & \nu_{110}, & \nu_{101} \\ \nu_{110}, & \nu_{020}, & \nu_{011} \\ \nu_{101}, & \nu_{011}, & \nu_{002} \end{vmatrix} .$$

Now we write the equation (2) in the form

(2*) $$\frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \iiint_{-\infty}^{\infty} dx\, dy\, dz\, e^{-1/2(Ax^2 + By^2 + Cz^2 + D_1 yz + D_2 yz + E_1 xz + E_2 xz + F_1 xy + F_2 xy)} = \frac{1}{\Delta^{1/2}} .$$

* For a part of the developments of this and the following paragraph compare GREINER: Zeitschrift für Mathematik und Physik Bd 57 P. 227, ff.

Differentiating this equation with regard to one of the parameters in the exponent and multiplying with $\Delta^{1/2}$ we obtain the moments. We then find, for instance, differentiating with regard to A,

$$-\,{}^1/_2\,\frac{\Delta^{1/2}}{(2\pi)^{3/2}}\iiint\limits_{-\infty}^{\infty} dx\,dy\,dz\,x^2\,e^{1/2\,f} = -\,{}^1/_2\,\frac{1}{\Delta}\,\frac{\partial\Delta}{\partial A}$$

or

$$\lambda_{200} = \nu_{200} = \frac{\partial\Delta}{\partial A}\,\frac{1}{\Delta}.$$

In a similar way we find the other moments of the second order

$$(10)\qquad \begin{aligned} \lambda_{200} &= \nu_{200} = \frac{\partial\Delta}{\partial A}\,\frac{1}{\Delta}; &\qquad \lambda_{110} &= \nu_{110} = \frac{\partial\Delta}{\partial F_1}\,\frac{1}{\Delta} \\ \lambda_{020} &= \nu_{020} = \frac{\partial\Delta}{\partial B}\,\frac{1}{\Delta}; &\qquad \lambda_{101} &= \nu_{101} = \frac{\partial\Delta}{\partial E_1}\,\frac{1}{\Delta} \\ \lambda_{002} &= \nu_{002} = \frac{\partial\Delta}{\partial C}\,\frac{1}{\Delta}; &\qquad \lambda_{011} &= \nu_{011} = \frac{\partial\Delta}{\partial D_1}\,\frac{1}{\Delta}. \end{aligned}$$

Using well known theorems it may now be shown that

$$(10^*)\qquad M = \frac{1}{\Delta}$$

and that we have

$$(11)\qquad \begin{aligned} A &= \frac{\partial M}{\partial\,\nu_{200}}\,\frac{1}{M}; &\qquad D &= \left(\frac{\partial M}{\partial\,\nu_{011}}\right)\frac{1}{M} \\ B &= \frac{\partial M}{\partial\,\nu_{020}}\,\frac{1}{M}; &\qquad E &= \left(\frac{\partial M}{\partial\,\nu_{101}}\right)\frac{1}{M} \\ C &= \frac{\partial M}{\partial\,\nu_{002}}\,\frac{1}{M}; &\qquad F &= \left(\frac{\partial M}{\partial\,\nu_{110}}\right)\frac{1}{M}, \end{aligned}$$

where the brackets denote that the differentiation is to be performed only for one of the places where the moments occur in the determinant M.

Finally we now have

$$(12)\qquad \mathrm{H} = \frac{1}{M^{1/2}\,(2\pi)^{3/2}},$$

and as a check to the computations

$$(13)\qquad A\,\nu_{200} + B\,\nu_{020} + C\,\nu_{002} + 2D\,\nu_{011} + 2E\,\nu_{101} + 2F\,\nu_{110} = 3.$$

Through the formulas (11) and (12) all the parameters of the generating function φ are expressed in terms of the moments.

4. To obtain the higher coefficients B_{ijk} expressed in a similar way we use the formula (4*). Then we first have to determine the moments $\lambda_{\alpha\beta\gamma}$ expressed in terms of the moments $\nu_{\alpha\beta\gamma} = \lambda_{\alpha\beta\gamma}$ $(\alpha + \beta + \gamma = 2)$.

Here two different cases may be separated

1:o when $\alpha + \beta + \gamma$ is an odd number.

Then clearly

(14) $$\lambda_{\alpha\beta\gamma} = 0.$$

2:o when $\alpha + \beta + \gamma$ is an even number.

Then we proceed as follows, taking for instance the case of the moment λ_{211}: We differentiate the equation (2*) first according to A, then according to D, and obtain

$$\frac{1}{4} \frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \iiint\limits_{-\infty}^{\infty} dx\, dy\, dz\, x^2 yz\, e^{-1/2 f} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} \frac{1}{\Delta^{5/2}} \frac{\partial \Delta}{\partial A} \cdot \frac{\partial \Delta}{\partial D_1} - \frac{1}{2} \frac{1}{\Delta^{3/2}} \frac{\partial^2 \Delta}{\partial A\, \partial D_1},$$

or multipying with $\Delta^{1/2}$

$$\frac{1}{4} \lambda_{211} = \frac{3}{4} \lambda_{200} \lambda_{011} + \frac{1}{2} \frac{1}{\Delta} D_2 .$$

Now as

$$\frac{1}{\Delta} = M \text{ and } D_2 = \left(\frac{\partial M}{\partial \nu_{011}}\right) \frac{1}{M},$$

we find

$$\frac{1}{\Delta} D_2 = \left(\frac{\partial M}{\partial \lambda_{011}}\right) = \lambda_{110} \lambda_{101} - \lambda_{011} \lambda_{200},$$

and consequently

$$\lambda_{211} = 3\lambda_{200} \lambda_{011} + 2\lambda_{110} \lambda_{101} - 2\lambda_{011} \lambda_{200} = \nu_{200} \nu_{011} + 2\nu_{110} \nu_{101}.$$

Similarly dealing with the other moments we find:

(15)

$$\lambda_{400} = 3\nu^2_{200} \qquad \lambda_{103} = 3\nu_{002} \nu_{101} \qquad \lambda_{031} = 3\nu_{020} \nu_{011}$$
$$\lambda_{310} = 3\nu_{200} \nu_{110} \qquad \lambda_{202} = 2\nu^2_{101} + \nu_{200} \nu_{002} \qquad \lambda_{022} = 2\nu^2_{011} + \nu_{020} \nu_{002}$$
$$\lambda_{220} = 2\nu^2_{110} + \nu_{200} \nu_{020} \qquad \lambda_{301} = 3\nu_{200} \nu_{101} \qquad \lambda_{013} = 3\nu_{002} \nu_{011}$$
$$\lambda_{130} = 3\nu_{020} \nu_{110} \qquad \lambda_{004} = 3\nu^2_{002}$$
$$\lambda_{040} = 3\nu^2_{020}$$

$$\lambda_{211} = 2\nu_{101} \nu_{110} + \nu_{200} \nu_{011}$$
$$\lambda_{121} = 2\nu_{011} \nu_{110} + \nu_{020} \nu_{101}$$
$$\lambda_{112} = 2\nu_{101} \nu_{011} + \nu_{002} \nu_{110} .$$

According to equation (4*) now

(16)

$$\underline{|3}\ B_{210} = - \nu_{300} \qquad \underline{|2}\ B_{201} = - \nu_{201}$$
$$\underline{|2}\ B_{210} = - \nu_{210} \qquad \underline{|2}\ B_{102} = - \nu_{102}$$
$$\underline{|2}\ B_{120} = - \nu_{120} \qquad \underline{|3}\ B_{003} = - \nu_{003}$$
$$\underline{|3}\ B_{030} = - \nu_{030}$$

$$\underline{|2}\ B_{021} = - \nu_{021} \qquad B_{111} = - \nu_{111} .$$
$$\underline{|2}\ B_{012} = - \nu_{012}$$

and

$$
(17)\qquad
\begin{aligned}
\underline{|4}\ B_{400} &= \nu_{400} - 3\nu^2_{200}\\
\underline{|3}\ B_{310} &= \nu_{310} - 3\nu_{200}\,\nu_{110}\\
\underline{|2}\ \underline{|2}\ B_{220} &= \nu_{220} - 2\nu^2_{110} - \nu_{200}\,\nu_{020}\\
\underline{|3}\ B_{130} &= \nu_{130} - 3\nu_{020}\,\nu_{110}\\
\underline{|4}\ B_{040} &= \nu_{040} - 3\nu^2_{020}\\
\underline{|3}\ B_{301} &= \nu_{301} - 3\nu_{200}\,\nu_{101}\\
\underline{|2}\ \underline{|2}\ B_{202} &= \nu_{202} - 2\nu^2_{101} - \nu_{200}\,\nu_{002}\\
\underline{|3}\ B_{103} &= \nu_{103} - 3\nu_{002}\,\nu_{101}\\
\underline{|4}\ B_{004} &= \nu_{004} - 3\nu^2_{002}\\
\underline{|3}\ B_{013} &= \nu_{013} - 3\nu_{011}\,\nu_{002}\\
\underline{|2}\ \underline{|2}\ B_{022} &= \nu_{022} - 2\nu^2_{011} - \nu_{020}\,\nu_{002}\\
\underline{|3}\ B_{031} &= \nu_{031} - 3\nu_{011}\,\nu_{020}\\
\underline{|2}\ B_{211} &= \nu_{211} - 2\nu_{101}\,\nu_{110} - \nu_{200}\,\nu_{011}\\
\underline{|2}\ B_{121} &= \nu_{121} - 2\nu_{110}\,\nu_{011} - \nu_{020}\,\nu_{101}\\
\underline{|2}\ B_{112} &= \nu_{112} - 2\nu_{101}\,\nu_{011} - \nu_{002}\,\nu_{110},
\end{aligned}
$$

by which the expressions of the characteristics to the fourth order in terms of the moments are completed.

5. We here introduce the following notations

$$\frac{\partial^{i+j+k}\ \varphi(x, y, z)}{\partial x^i\, \partial y^j\, \partial z^k} = R_{ijk}\ \varphi(x, y, z),$$

where R_{ijk} is seen to be a polynom of the degree $i + j + k$ in x, y, z, and now may write

$$(19)\qquad F(x, y, z) = \varphi(x, y, z)\ (1 + \sum B_{ijk}\ R_{ijk}).$$

Putting $\nu_{200} = \sigma_x^2;\qquad \nu_{020} = \sigma_y^2;\qquad \nu_{002} = \sigma_z^2,$

$$\frac{\nu_{110}}{\sigma_x\ \sigma_y} = r_{xy}\,;\qquad \frac{\nu_{101}}{\sigma_x\ \sigma_z} = r_{xz}\,;\qquad \frac{\nu_{011}}{\sigma_y\ \sigma_z} = r_{yz}\,,$$

$$(20)\qquad \frac{B_{ijk}}{\sigma_x^{\,i}\ \sigma_y^{\,j}\ \sigma_z^{\,k}} = \beta_{ijk},$$

σ_x, σ_y and σ_z are the dispersions of x, y and z; r_{xy}, r_{xz}, r_{yz} are the correlation coefficients; further, for $i + j + k = 3$, β_{ijk} are the *coefficients of skewness* and for $i + j + k = 4$, β_{ijk} are called the *coefficients of excess.* They all constitute the characteristics to the fourth order of the frequency-function. To discriminate them from the parameters A, B, C, D, E, F, B_{ijk}, which also are called characteristics, we will always refer to them as the β-characteristics.

Regarding x, y, z and $F(x, y, z)$ as coordinates of a 4-dimensional system we introduce the dispersions $\sigma_x\ \sigma_y\ \sigma_z$ as units of x, y, z and define the following *normal coordinates.*

$$(21)\qquad X = \frac{x}{\sigma_x};\qquad Y = \frac{y}{\sigma_y};\qquad Z = \frac{z}{\sigma_z};\qquad \sqrt{M}\,.\,F(x, y, z) = \mathfrak{F}.$$

Putting further

$$R_{ijk} = \sigma_x^i \sigma_y^j \sigma_z^k \; R'_{ijk}$$

we can demonstrate that

(22) $$\mathfrak{F} = \varphi'(X, Y, Z)\,(1 + \Sigma\, \beta_{ijk}\, R'_{ijk}).$$

Here $$\varphi' = \frac{1}{\sqrt{2\pi}^3}\, e^{-\frac{1}{2}f'}$$

(22*) $$f' = \frac{1}{S}\left(X^2 \frac{\partial S}{\partial r_{xx}} + Y^2 \frac{\partial S}{\partial r_{yy}} + Z^2 \frac{\partial S}{\partial r_{zz}} + 2YZ \frac{\partial S}{\partial r_{yz}} + 2XZ \frac{\partial S}{\partial r_{xz}} + XY \frac{\partial S}{\partial r_{xy}}\right),$$

if by S we denote the determinant

$$S = \begin{vmatrix} r_{xx}, & r_{xy}, & r_{xz} \\ r_{yx}, & r_{yy}, & r_{yz} \\ r_{zx}, & r_{zy}, & r_{zz} \end{vmatrix},$$

and it is understood that $r_{xx} = r_{yy} = r_{zz} = 1$. Furthermore, it may be shown that the polynoms R'_{ijk} as parameters only contain the correlation-coefficients r_{xy}, r_{xz}, r_{yz}. Then, if as system of coordinates we choose a system where the correlation coefficients vanish, which may always be done by the linear transformation (7) and the cubic (8), *the functions* φ' *and* R'_{ijk} *are independent of any parameter whatsoever and consequently may once for all be tabulated.* As then the variables may be separated it will be seen that

$$R'_{ijk} = R'_{ioo} \,.\, R'_{ojo} \,.\, R'_{ook},$$

and if

$$\varphi_0(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{1}{2}X^2},$$

$$\varphi_0^{(i)}(X) = \varphi_0(X)\, R'_{ioo}$$

we obtain

(23) $$\mathfrak{F}_0 = \varphi_0(X) \,.\, \varphi_0(Y) \,.\, \varphi_0(Z) + \sum_{i+j+k \geq 3} \beta_{ijk}\, \varphi_0^{(i)}(X)\; \varphi_0^{(j)}(Y)\; \varphi_0^{(k)}(Z).$$

The functions

$\Phi_1 = \sqrt{2\pi}\,\varphi_0(X)$, $\Phi_{i+1} = \sqrt{2\pi}\,\varphi_0^{(i)}(x)$, are tabulated by Bruns * for all $i > 5$, and, save for $i = 1$ and $i = 2$ $i = 5$, by Charlier **.

Thus the frequency of any »point» X, Y, Z may be easily calculated.

Without tables of the functions Φ_i the computations may be performed, remembering that in the system considered

(24)
$$\begin{aligned} R'_{100} &= -X \\ R'_{200} &= X^2 - 1 \\ R'_{300} &= 3X - X^3 \\ R'_{400} &= 3 - 6X^2 + X^4, \end{aligned}$$

* Bruns: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Kollektivmasslehre. Verl. B. G. Teubner 1906.

** Charlier: Reaserches into the theory of probability. Medd. från Lunds Obs. Ser. II N. 5.

and

(25) $$\mathfrak{F}_0 = \varphi_0(X) \cdot \varphi_0(Y) \cdot \varphi_0(Z) \left[1 + \sum_{i+j+k \geq 3} \beta_{ijk} R_{ioo} \cdot R'_{ojo} R'_{ook}\right].$$

Having now in a condensed form worked out the theory of frequency-functions of the A-type for three variables,-I remark that the mode of demonstration is built upon the nice workings of Greiner, and that in all other respects the line of progress is an extension of the elaborations of Charlier regarding one and two variables.

6. Before leaving the more general discussion of the frequency-functions of the A-type I will mention a few theorems.

The equations

$$\frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial X} = 0; \qquad \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial Y} = 0; \qquad \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial Z} = 0$$

give the coordinates of the »mode».

Referred to the system of coordinates where the variables are uncorrelated, and supposing the coefficients β_{ijk} to be so small that $(\Sigma \beta_{ijk} R_{ijk})^2$ may be neglected, we shall find for the coordinates of the »mode»

(26) $$\begin{aligned} X_1 &= 3\beta_{300} + \beta_{120} + \beta_{102} \\ Y_1 &= 3\beta_{030} + \beta_{210} + \beta_{012} \\ Z_1 &= 3\beta_{003} + \beta_{201} + \beta_{021}. \end{aligned}$$

The quantities, irrespective of the system of coordinates,

$$S_x = 3\beta_{300} \qquad S_y = 3\beta_{030} \qquad S_z = 3\beta_{003}$$

are called the *skewness* respectively of x, y and z.

In the equation (25) we put $X = 0$, $Y = 0$, $Z = 0$ and find by help of (24)

$$\mathfrak{F}(0, 0, 0) = \varphi_0(0)^3 \, [1 + 3\beta_{400} + 3\beta_{040} + 3\beta_{004} + \beta_{220} + \beta_{202} + \beta_{022}].$$

Consequently the sum

(32**) $$E = 3\beta_{400} + 3\beta_{040} + 3\beta_{004} + \beta_{220} + \beta_{202} + \beta_{022}$$

gives the relative *excess* over the normal frequency of the points (x, y, z) near the mean. Taking the frequency curves of the coordinates x, y and z separately we have for their excess

(32*) $$E_x = 3\beta_{400} \qquad E_y = 3\beta_{040} \qquad E_z = 3\beta_{004}.$$

The equations (23), (24), (25), (26) and (32**) are only valid for the system of coordinates where the variates are uncorrelated.

Regard, for instance, only the variates x and y, letting z have any value. Their frequency function will be obtained by integrating the function $F(x, y, z)$ for all z between $+\infty$ and $-\infty$.

Calling the resultant frequency function $F_1(x, y)$ we have

(27) $$F_1(x, y) = \varphi_1(x, y) + \sum B_{ij} \frac{\partial^{i+j} \varphi_1(x, y)}{\partial x^i \, \partial y^j} \qquad i+j \geq 3$$

where

$$\varphi_1(x, y) = \mathrm{H}_1 \, e^{-1/2 f_1}$$

(28) $$f_1 = A_1 x^2 + B_1 y^2 + 2 F_1 xy,$$

and similarly as by three variables writing

$$\delta = \begin{vmatrix} A_1, & F_1 \\ F_1, & B_1 \end{vmatrix}; \qquad m = \begin{vmatrix} \nu_{20}, & \nu_{11} \\ \nu_{11}, & \nu_{02} \end{vmatrix},$$

we have

(28*) $$\mathrm{H}_1 = \frac{1}{\sqrt{m}\, 2\pi}; \qquad m = \frac{1}{\delta},$$

(29) $$\begin{aligned} \nu_{20} &= \frac{\partial \delta}{\partial A_1} \frac{1}{\delta}; & A_1 &= \frac{\partial m}{\partial \nu_{20}} \frac{1}{m}, \\ \nu_{11} &= \left(\frac{\partial \delta}{\partial F_1}\right) \frac{1}{\delta}; & F_1 &= \left(\frac{\partial m}{\partial \nu_{11}}\right) \frac{1}{m}, \\ \nu_{02} &= \frac{\partial \delta}{\partial B_1} \frac{1}{\delta}; & B_1 &= \frac{\partial m}{\partial \nu_{02}} \frac{1}{m}. \end{aligned}$$

Now the parameters of $F_1(x, y)$ are obtained expressed in the parameters of $F(x, y, z)$ through the equation

$$\int_{-\infty}^{\infty} F(x, y, z)\, dz = F_1(x, y),$$

or more conveniently, by observing that

(29*) $$\nu_{ij} = \nu_{ijo},$$

through the equations

(30) $$\begin{aligned} \frac{\partial \delta}{\partial A_1} \frac{1}{\delta} &= \frac{\partial \Delta}{\partial A} \frac{1}{\Delta} \\ \left(\frac{\partial \delta}{\partial F_1}\right) \frac{1}{\delta} &= \left(\frac{\partial \Delta}{\partial F}\right) \frac{1}{\Delta} \\ \frac{\partial \delta}{\partial B_1} \frac{1}{\delta} &= \frac{\partial \Delta}{\partial B} \frac{1}{\Delta}, \end{aligned}$$

and

(30*) $$B_{ij} = B_{ijo}.$$

The result will be found as given by CHARLIER (Studies in Stellar Statistics II p. 83):

$$
\begin{aligned}
CA_1 &= AC - E^2 \\
CB_1 &= BC - D^2 \\
CF_1 &= FC - DE.
\end{aligned} \tag{31}
$$

As

$$m = \frac{\partial M}{\partial \nu_{002}},$$

we find from (11) that

$$C = \frac{m}{M} = \frac{\Delta}{\delta}, \tag{32}$$

equations that will be used in chapter IV.

CHAPTER II.

The frequency function of the linear motions.

7. We denote by U, V, W the components of the linear motion of a star along any three rectangular axes. Then we write the frequency function according to (1) in the following way

$$(33) \qquad F(U, V, W) = \varphi(U, V, W) + \sum B_{ijk} \frac{\partial^{i+j+k} \varphi(U, V, W)}{\partial U^i \partial V^j \partial W^k},$$

where as before

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{M}(2\pi)^{3/2}} e^{-1/2 f}$$

$$(33^*) \qquad f = AU^2 + BV^2 + CW^2 + 2DVW + 2EUW + 2FUV.$$

We here denote the moments by N_{ijk} thus having

$$N_{ijk} = \iiint\limits_{-\infty}^{\infty} U^i V^j W^k F(U, V, W)\, dU\, dV\, dW$$

or as it will be in practice

$$N_{ijk} = \text{Mean of } (U^i V^j W^k) = M(U^i V^j W^k).$$

The characteristics A, B, C, D, E, F, B_{ijk} are given in terms of the moments N_{ijk} by the equations (11) (16) (17) when the ν_{ijk} are changed against the N_{ijk}.

The equation

$$f = \text{constant}$$

is the equation of the correlation ellipsoid or as it here is called *the velocity ellipsoid.*

By the way, we will here remark, that the correlation ellipsoid is not identical with the ellipsoid of Schwartzschild even when the latter is taken three axial, except in the case when the higher characteristics all vanish. Generally they are both approximations to the surfaces of equal frequency, but not the same approximations. This circumstance is intimately connected with the fact hinted at in the introduction

that the ellipsoid obtained by only employing the position angles, regardless of the closeness of approximation, belongs as well to the *apparent* as to the *linear* motions, while the correlation ellipsoid has analytically different form for the two kinds of motion.

8. In the following we will refer to four different kinds of systems of coordinates. We denote them with the numbers I, II, III, IV, and they are defined as follows:

I. A system having its W-axis directed toward a point of the northern hemisphere and its V-axis in direction of growing northern declination.

Referring to this system we use the notations

$$U, V, W \,.\, A, B, C, D, E, F \,.\, B_{ijk}, N_{ijk} \,.$$

II. The usual astronomical system of coordinates having its U-axis directed toward the vernal equinox and its W-axis toward the northpole of the equator.

The notations are here

$$U'', V'', W'' \,.\, A'', B'', C'', D'', E'', F'' \,.\, B''_{ijk}, N''_{ijk} \,.$$

III. A galactic system of coordinates having its W-axis directed toward the north galactic pole and its U-axis towards the point $\alpha = 270^0$ $\delta = -15^0$.

Here we use notations with the index (s).

IV. The system of *vertices*, or the system where the function f has the form

$$f = A' U'^2 + B' V'^2 + C' W'^2,$$

using here notations with index $'$.

It will be seen in the practical part that III and IV only slightly differ.

The direction cosines of the systems referred to the system II are given according to the following schemes

I—II	U''	V''	W''
U	γ_{11}	γ_{21}	γ_{31}
V	γ_{12}	γ_{22}	γ_{32}
W	γ_{13}	γ_{23}	γ_{33}

III—II	U''	V''	W''
$U^{(s)}$	α_{11}	α_{21}	α_{31}
$V^{(s)}$	α_{12}	α_{22}	α_{32}
$W^{(s)}$	α_{13}	α_{23}	α_{33}

IV—II	U''	V''	W''
U'	ε_{11}	ε_{21}	ε_{31}
V'	ε_{12}	ε_{22}	ε_{32}
W'	ε_{13}	ε_{23}	ε_{33}

9. It will now be our concern to express the characteristics of the motion as referred to one system of coordinates in terms of the characteristics as referred to another system of coordinates. This constitutes the problem of the rotation of a frequency function and involves the chief algebraical labour of this memoir.

We take the case of transforming the frequency function of the components of motion in system II into the frequency function of system I. The relative

number of motions having components within the intervals $U'' \pm {}^1/_2\, dU''$; $V'' \pm {}^1/_2 dV''$; $W'' \pm {}^1/_2\, dW''$ are expressed through

$$F''(U'', V'', W'')\, dU''\, dV''\, dW'',$$

and the number having components within the intervals $U \pm {}^1/_2\, dU$; $V \pm {}^1/_2\, dV$; $W \pm {}^1/_2\, dW$ through

$$F(U, V, W)\, dU\, dV\, dW,$$

and we have

$$\begin{aligned} U'' &= \gamma_{11}\, U + \gamma_{12}\, V + \gamma_{13}\, W \\ V'' &= \gamma_{21}\, U + \gamma_{22}\, V + \gamma_{23}\, W \\ W'' &= \gamma_{31}\, U + \gamma_{32}\, V + \gamma_{33}\, W. \end{aligned} \tag{34}$$

As the *Jacobiana* of this transformation is equal to 1 we have

$$dU\, dV\, dW = dU''\, dV''\, dW''$$

and accordingly

$$F(U, V, W) = F''(U'', V'', W'')$$

when in F'' we substitute the expressions (34).

Writing now

$$F''(U'', V'', W'') = \varphi''(U'', V'', W'') + \sum B''_{ijk} \frac{\partial^{i+j+k}\, \varphi''}{\partial U''^i\, \partial V''^j\, \partial W''^k} \tag{35}$$

$$\varphi'' = \frac{\Delta''^{1/2}}{\sqrt{2\pi}^3}\, e^{-{}^1/_2 f''}$$

$$f'' = A''\, U''^2 + B''\, V''^2 + C''\, W''^2 + 2D''\, V''\, W'' + 2E''\, U''\, W'' + 2F''\, U''\, V'' \tag{35*}$$

$F(U, V, W)$ will also take this form.

By the substitution (34) the determinant Δ'' is invariant; consequently

$$\Delta'' = \Delta.$$

Substituting (34) in (35*) we obtain*

(36)

$$\begin{aligned} A &= A''\gamma_{11}^2 + B''\gamma_{21}^2 + C''\gamma_{31}^2 + 2D''\gamma_{21}\gamma_{31} + 2E''\gamma_{11}\gamma_{31} + 2F''\gamma_{11}\gamma_{21} \\ B &= A''\gamma_{12}^2 + B''\gamma_{22}^2 + C''\gamma_{32}^2 + 2D''\gamma_{22}\gamma_{32} + 2E''\gamma_{12}\gamma_{32} + 2F''\gamma_{12}\gamma_{22} \\ C &= A''\gamma_{13}^2 + B''\gamma_{23} + C''\gamma_{33}^2 + 2D''\gamma_{23}\gamma_{33} + 2E''\gamma_{13}\gamma_{33} + 2F''\gamma_{13}\gamma_{23} \\ D &= A''\gamma_{12}\gamma_{13} + B''\gamma_{22}\gamma_{23} + C''\gamma_{32}\gamma_{33} + D''(\gamma_{22}\gamma_{33} + \gamma_{32}\gamma_{23}) + E''(\gamma_{32}\gamma_{13} + \gamma_{33}\gamma_{12}) + F''(\gamma_{12}\gamma_{23} + \gamma_{13}\gamma_{22}) \\ E &= A''\gamma_{13}\gamma_{11} + B''\gamma_{23}\gamma_{21} + C''\gamma_{33}\gamma_{31} + D''(\gamma_{23}\gamma_{31} + \gamma_{33}\gamma_{21}) + E''(\gamma_{33}\gamma_{11} + \gamma_{31}\gamma_{13}) + F''(\gamma_{13}\gamma_{21} + \gamma_{11}\gamma_{23}) \\ F &= A''\gamma_{11}\gamma_{12} + B''\gamma_{21}\gamma_{22} + C''\gamma_{31}\gamma_{32} + D''(\gamma_{21}\gamma_{32} + \gamma_{31}\gamma_{22}) + E''(\gamma_{31}\gamma_{12} + \gamma_{32}\gamma_{11}) + F''(\gamma_{11}\gamma_{22} + \gamma_{12}\gamma_{21}) \end{aligned}$$

To transform the characteristics B''_{ijk} we introduce for a moment the following symbols

---

* Compare CHARLIER l. c. p. 82.

$$(37)\qquad \begin{matrix} \dfrac{\partial}{\partial U''} = D_1'' & \dfrac{\partial}{\partial V''} = D_2'' & \dfrac{\partial}{\partial W''} = D_3'' \\ \dfrac{\partial}{\partial U} = D_1 & \dfrac{\partial}{\partial V} = D_2 & \dfrac{\partial}{\partial W} = D_3. \end{matrix}$$

Then clearly

$$(38)\qquad \begin{aligned} D_1'' &= \gamma_{11} D_1 + \gamma_{12} D_2 + \gamma_{13} D_3 \\ D_2'' &= \gamma_{21} D_1 + \gamma_{22} D_2 + \gamma_{23} D_3 \\ D_3'' &= \gamma_{31} D_1 + \gamma_{32} D_2 + \gamma_{33} D_3, \end{aligned}$$

and using the symbols

$$(39)\qquad \frac{\partial^{i+j+k}}{\partial U^i \, \partial V^j \, \partial W^k} = D_1^i \, D_2^j \, D_3^k,$$

according to a well known theorem

(40)

$$D_1''^i \, D_2''^j \, D_3''^k = (\gamma_{11}D_1+\gamma_{12}D_2+\gamma_{13}D_3)^i \, (\gamma_{21}D_1+\gamma_{22}D_2+\gamma_{23}D_3)^j \, (\gamma_{31}D_1+\gamma_{32}D_2+\gamma_{33}D_3)^k,$$

where after the development of the right membrum, we introduce the derivatives by the equation (39).

Now we immediately find the equation

$$\varphi(U, V, W) + \sum B_{ijk} \, D_1^i \, D_2^j \, D_3^k = \varphi''(U'', V'', W'') + \sum B''_{ijk} \, D_1''^i \, D_2''^j \, D_3''^k$$

or

$$(41)\qquad \sum B_{ijk} \, D_1^i \, D_2^j \, D_3^k =$$

$$= \sum B''_{ijk} (\gamma_{11} D_1+\gamma_{12} D_2+\gamma_{13} D_3)^i \, (\gamma_{21} D_1+\gamma_{22} D_2+\gamma_{23} D_3)^j \, (\gamma_{31} D_1+\gamma_{32} D_2+\gamma_{33} D_3)^k.$$

Equating here the coefficients of $D_1^\alpha \, D_2^\beta \, D_3^\gamma$ in both membra the expression of $B_{\alpha\beta\gamma}$ in terms of B''_{ijk} $(i+j+k = \alpha+\beta+\gamma)$ is obtained.

Introducing the symbolical expressions

$$(42)\qquad B''_{\alpha\beta\gamma} = \xi_1{}^\alpha \, \xi_2{}^\beta \, \xi_3{}^\gamma \, (\alpha, \beta, \gamma),$$

where by (α, β, γ) we mean the coefficient of $a^\alpha \, b^\beta \, c^\gamma$ in the development of

$$(a + b + c)^{\alpha+\beta+\gamma},$$

we generally have

$$(43)\qquad B_{ijk} = (i, j, k) \, (\gamma_{11} \, \xi_1+\gamma_{21} \, \xi_2+\gamma_{31} \, \xi_3)^i \, (\gamma_{12} \, \xi_1+\gamma_{22} \, \xi_2+\gamma_{32} \, \xi_3)^j \, (\gamma_{13} \, \xi_1+\gamma_{23} \, \xi_2+\gamma_{33} \, \xi_3)^k,$$

when after the development we again introduce the characteristics $B''_{\alpha\beta\gamma}$ by (42).

Equations (36) and (43) give in a condensed form the whole theory of finding the characteristics when the system of coordinates is affected by a rotation.

CHAPTER III.

The method of Charlier to express the moments of the linear cross-motions through the moments of the proper-motions.

10. Taking out one region of the sky small enough to be regarded as plane the stars in the region constitute a statistical population comparable as to their projected motions. Taking as system of coordinates a system having its x-axis directed in the plane of the equator towards growing right ascension and its y-axis towards growing declination, the components of the proper motions we denote by $u + x_0$ and $v + y_0$. The components of the *linear* motion being $U + X_0$, $V + Y_0$ we have the equations

(44)
$$r \,.\, (u + x_0) = U + X_0$$
$$r \,.\, (v + y_0) = V + Y_0$$

if r is the distance of the star.

If x_0 and y_0 are the mean proper motions and X_0, Y_0 the mean linear motions u, v and U, V are respectively the *apparent* and the *linear peculiar* motions.

By forming the moments we proceed in the following way:

Putting as moments about the origin

$$\nu'_{ij} = M((u + x_0)^i\,(v + y_0)^j)$$
$$N'_{ij} = M((U + X_0)^i\,(V + Y_0)^j),$$

and as moments about the mean

$$\nu_{ij} = M(u^i\, v^j)$$
$$N_{ij} = M(U^i\, V^j),$$

we derive the equations

(45)
$$\nu'_{20} = \nu_{20} + x_0^2$$
$$\nu'_{11} = \nu_{11} + x_0\, y_0$$
$$\nu'_{02} = \nu_{02} + y_0^2$$

$$
(45^*) \quad
\begin{aligned}
\nu'_{30} &= \nu_{30} + 3\nu_{20}\,x_0 + x_0^3 \\
\nu'_{21} &= \nu_{21} + \nu_{20}\,y_0 + 2\nu_{11}\,x_0 + x_0^2\,y_0 \\
\nu'_{12} &= \nu_{12} + \nu_{02}\,x_0 + 2\nu_{11}\,y_0 + x_0\,y_0^2 \\
\nu'_{03} &= \nu_{03} + 3\nu_{02}\,y_0 + y_0^3
\end{aligned}
$$

$$
(45^{**}) \quad
\begin{aligned}
\nu'_{40} &= \nu_{40} + 4\nu_{30}\,x_0 + 6\nu_{20}\,x_0^2 + x_0^4 \\
\nu'_{31} &= \nu_{31} + 3\nu_{21}\,x_0 + \nu_{30}\,y_0 + 3\nu_{11}\,x_0^2 + 3\nu_{20}\,x_0\,y_0 + x_0^3\,y_0 \\
\nu'_{22} &= \nu_{22} + 2\nu_{21}\,y_0 + 2\nu_{12}\,x_0 + 4\nu_{11}\,x_0\,y_0 + \nu_{02}\,x_0^2 + \nu_{20}\,y_0^2 + x_0^2\,y_0^2 \\
\nu'_{13} &= \nu_{13} + 3\nu_{12}\,y_0 + \nu_{03}\,x_0 + 3\nu_{11}\,y_0^2 + 3\nu_{02}\,x_0\,y_0 + x_0\,y_0^3 \\
\nu'_{04} &= \nu_{04} + 4\nu_{03}\,y_0 + 6\nu_{02}\,y_0^2 + y_0^4
\end{aligned}
$$

and *mutatis mutandis* the same equations for N'_{ij}.

On the other side the moments about the mean may be expressed in the moments about the origin by similar equations.

11. From equations (44) we have

$$u + x_0 = \frac{1}{r}\,(U + X_0)$$

$$v + v_0 = \frac{1}{r}\,(V + Y_0).$$

Assuming the linear velocities of the stars to be independent of the distance we thus have

$$\nu'_{ij} = M\left(\left(\frac{1}{r}\right)^{i+j}\right) N'_{ij},$$

or putting

$$M\left(\frac{1}{r^s}\right) = \vartheta_s,$$

we write

$$(46) \qquad \nu'_{ij} = \vartheta_{i+j}\, N_{ij}'.$$

Now Charlier uses the notations

$a(m)\,dm$ = the number of stars having their *apparent* magnitudes between $m + {}^1/_2\,dm$ and $m - {}^1/_2\,dm$,

$\varphi_0(M)\,dM$ = the number of stars having their *absolute* magnitudes between $M + {}^1/_2\,dM$ and $M - {}^1/_2\,dM$,

and putting

$$r = e^{-by} \qquad\qquad b = 0.2/\mathrm{mod}$$
$$y = -5\log r$$

$\Delta_0(y)\,dy$ = the number of stars having y between $y + {}^1/_2\,dy$ and $y - {}^1/_2\,dy$.

Then evidently as

$$M = m + y$$

we have

(47)
$$a(m) = \int_{-\infty}^{\infty} dy\, \Delta_0(y)\, \varphi_0(m + y)$$

(47*)
$$a(m)\, \vartheta_s(m) \int_{-\infty}^{\infty} dy\, \Delta_0(y)\, \varphi_0(m + y)\, e^{s\,by},$$

where $\vartheta_s(m)$ is the mean of $\frac{1}{r^s}$ for the stars having the magnitude m.

Regarding the density function $\Delta_0(y)$ and the luminosity curve $\varphi_0(M)$ CHARLIER and others have found that they can be expressed by

(48)
$$\varphi_0(M) = \frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{(M - m_2)^2}{2\sigma_2^2}}$$

(48*)
$$\Delta_0(y) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{(y - m_1)^2}{2\sigma_1^2}}$$

by which he also finds from (47) and (47*)

(49)
$$a(m) = \frac{1}{k \sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{(m - m_0)^2}{2k^2}},$$

$$k^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$$
$$m_0 = m_2 - m_1,$$

and

(50)
$$\vartheta_1(m) = K \,.\, e^{-b\lambda_1 m}$$

where

$$k^2 \lambda_1 = \sigma_1^2.$$

Finally putting

(50**)
$$q' = e^{-b^2 k^2 \lambda_1 (1 - \lambda_1)},$$

he finds

(50*)
$$\vartheta_s(m) = \vartheta_1^s(m) \left(\frac{1}{q'}\right)^{\frac{1}{2}(s^2 - s)}.$$

12. In the present investigation we do not use stars of a certain magnitude m, but *all stars brighter than* $m = 6.0$.

The question is now: can the equation (50*) be used even in this case? CHARLIER seems to have been of the opinion that, taking stars brighter than 6.0, equation (50*) is still valid.

By numerical calculations I have come to the same opinion except on one single point. I find that equation (50**) should be written

(51) $$q' = \alpha_2 e^{-(b^2k^2 - \alpha_1)\lambda_1(1-\lambda_1)}$$

where α_2 and α_1 do not depend on λ_1 (at least when the limiting magnitude is ≤ 6.0).

Evidently the thing is of no consequence for our purpose as we determine the constant q' from the motions themselves, but it is of eminent importance when we wish to find the constant λ_1 from the value found for q'. Indeed, this is one of the most actual *desiderata* of stellar astronomy.

Clearly for all stars brighter than the magnitude m

(52) $$\vartheta_s \int_{-\infty}^{m} a(m)\, dm = \left(\frac{1}{q'}\right)^{1/2\,(s^2-s)} \int_{-\infty}^{m} a(m)\, \vartheta_1^s(m)\, dm.$$

The consequences of this equation I have only studied numerically, assuming that for the stars brighter than 6.0 we may put

(53) $$a(m) = K_1\, 3^m = K_1\, e^{x.m} \qquad x = 1.1$$

Using this form for $a(m)$ we must, however, fix a lower limit for the magnitudes. Unfortunately the result will depend considerably on the choice of this limit. But as the stars brighter than 3.0 are only in number about $^1/_{40}$ of the stars brighter than 6.0 they will only slightly affect the value of ϑ_s. Further the number of stars brighter than 3.0 is too small for the formula (50) for the mean parallax to be valid. Accordingly as a lower limit we fix the magnitude 3.0. Then

$$\vartheta_s \int_{3.0}^{6.0} e^{xm}\, dm = \left(\frac{1}{q'}\right)^{1/2\,(s^2-s)} K^s \int_{3.0}^{6.0} e^{(-sb\lambda_1 + x)\,m}\, dm,$$

which gives

$$\vartheta_s = \left(\frac{1}{q'}\right)^{1/2\,(s^2-s)} . K^s \frac{x}{(x - sb\lambda_1)} \cdot \frac{e^{6(x - sb\lambda_1)} - e^{3(x - sb\lambda_1)}}{e^{6x} - e^{3x}},$$

or putting

$$\frac{b\lambda_1}{x} = z,$$

$$\vartheta_s = \left(\frac{1}{q'}\right)^{1/2\,(s^2-s)} \vartheta_1^s \,.\, \Pi_s,$$

we have

$$\Pi_s = \frac{(1-z)^s}{1-sz} \cdot \frac{1 - e^{-3x(1-sz)}}{(1 - e^{-3x(1-z)})^s} (1 - e^{-3x})^{s-1}$$

The following small table will show the result for $s = 2$

λ_1	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Π_2	1.03	1.04	1.06	1.08	1.11	1.14
p	1.03	1.03	1.05	1.07	1.10	1.14

The second line contains the values of the function

$$p = 1.14\, e^{-\alpha_1(1-\lambda_1)\lambda_1}$$

where $$\alpha_1 = 0.429$$

When computing the values of Π_3 and Π_4 it will be found that approximatively

$$\Pi_s = \Pi_2^{1/2\,(s^2-s)}.$$

Consequently we take account of the correction by writing

$$q' = 0.88\, e^{-(b^2k^2-0.43)\lambda_1(1-\lambda_1)}$$

and as before

(50***) $$\vartheta_s = \vartheta_1^s \left(\frac{1}{q'}\right)^{1/2\,(s^2-s)}$$

It is easily seen that q' can not exceed the value 0.88 or, taking into account the arbitrary character of the magnitude 3,0 as a lower limit, at least not much exceed that value. Evidently the value $q' = 0.88$ corresponds to the value $\lambda_1 = 1$. As we have

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

this requires that

$$\sigma_2 = 0,$$

or that the absolute magnitude is the same for all stars apparently brighter than 6.0. A value of λ_1 only slightly smaller than 1, however, does not necessarily require the dispersion of the absolute magnitudes — σ_2 — to be very small, it only requires that it is small compared with the dispersions σ_1 of the quantity $y = -5\log r$.

For the dispersion of the apparent magnitudes Charlier has for 12 regions of the heavens found $k = 3$, having made use of counts of stars as far down as to the magnitude 13.89.

For the stars that have magnitudes smaller than 6.0 we have put

$$a(m) = K_1 e^{xm} \qquad x = 1.1$$

The general formula being

$$a(m) = \frac{1}{k\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{(m-m_0)^2}{2k^2}}$$

we see, as

$$K_1 = a(0),$$

that for magnitudes small compared to m_0 we must have

$$\frac{m_0}{k^2} = x.$$

For m_0 we insert the mean of the values found by Charlier or

$$m_0 = 18.3,$$

from which we see that the stars brighter than 6.0 will best fit into a normal frequency curve having the dispersion

$$k = 4.1.$$

Indeed, by more recent computations performed at the ***Lund Observatory*** taking account of the results arrived at by HENIE for the distributions of the stars to the eleventh magnitude, it has been found questionable if the dispersion k should not have a value more near to four than to three. As in the following we shall make use of a q' amounting to $^3/_4$ it will be of interest to see what should be its bearings on λ_1 and σ_2.

By the equation for q' of page 25 we find for $k = 4$

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_1^{\,2}}{k^2} = 0.94,$$

$$\sigma_1 = 3.9 \qquad \sigma_2 = 1.0.$$

Taking $k = 3$ we find $\lambda_1 = 0.87$ which gives

$$\sigma_1 = 2.8 \qquad \sigma_2 = 1.1\,,$$

by which it is seen that for $q' = 0.75$ the value adopted for k will not have much influence on σ_2.

The unities are for

r : 1 Siriometer $= 10^6$. the mean distance of the sun, and for

M : the same unit as for m,

so that M corresponds to the magnitude of a star when placed at the distance 1 Siriometer.

The parallax is

$$\pi = \frac{1}{r}\, 0''.206265\,,$$

from whith it follows that

$$M(\pi) = \vartheta_1 . 0''.206265.$$

Of course, as y and M are logarithms, σ_1 and σ_2 are independent of the units chosen for the distance and the luminosity.

12. Now, to find the moments of the linear motion in the region considered, we have

$$\vartheta_1^{\,s}\, N'_{ij} = q'^{\,1/2\,(s^2 - s)}\, \nu'_{ij} \tag{54}$$

and using the equations (45) (45*) (45**) for ν'_{ij} and N'_{ij} we find

$$
(55) \qquad \begin{aligned}
\vartheta_1^2 N_{20} &= q' \nu_{20} - (1 - q') x_0^2 \\
\vartheta_1^2 N_{11} &= q' \nu_{11} - (1 - q') x_0 y_0 \\
\vartheta_1^2 N_{02} &= q' \nu_{02} - (1 - q') y_0^2
\end{aligned}
$$

$$
(55^*) \qquad \begin{aligned}
\vartheta_1^3 N_{30} &= \nu_{30} q'^3 - 3\nu_{20} x_0(1 - q'^2) q' + x_0^3(2 - 2q' + q'^3) \\
\vartheta_1^3 N_{21} &= \nu_{21} q'^3 - (y_0 \nu_{20} + 2x_0 \nu_{11})(1 - q'^2) q' + x_0^2 y_0 (2 - 3q' + q'^3) \\
\vartheta_1^3 N_{12} &= \nu_{12} q'^3 - (x_0 \nu_{02} + 2y_0 \nu_{11})(1 - q'^2) q' + x_0 y_0^2 (2 - 3q' + q'^3) \\
\vartheta_1^3 N_{03} &= \nu_{03} q'^3 - 3\nu_{02} y_0 (1 - q'^2) q' + y_0^3 (2 - 3q' + q'^3)
\end{aligned}
$$

(55**)

$$
\begin{aligned}
\vartheta_1^4(N_{40} - 3N_{20}^2) &= \nu_{40} q'^6 - 4\nu_{30} x_0(1 - q'^3) q'^3 + 6\nu_{20} x_0^2(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) q' - \\
&\quad - 3\nu_{20}^2 q'^2 - x_0^4(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6) \\
\vartheta_1^4(N_{31} - 3N_{20} N_{11}) &= \nu_{31} q'^6 - (3\nu_{21} x_0 + \nu_{30} y_0)(1 - q'^3) q'^3 + \\
&\quad + 3(\nu_{11} x_0^2 + \nu_{20} x_0 y_0)(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) q' - 3\nu_{20} \nu_{11} q'^2 - \\
&\quad - x_0^3 y_0(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6) \\
\vartheta_1^4(N_{22} - N_{20} N_{02} - 2N_{11}^2) &= \nu_{22} q'^6 - 2(\nu_{12} x_0 + \nu_{21} y_0)(1 - q'^3) q'^3 + \\
&\quad + (4\nu_{11} x_0 y_0 + \nu_{20} y_0^2 + \nu_{02} x_0^2)(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) q' - \\
&\quad - (2\nu_{11}^2 + \nu_{20} \nu_{02}) q'^2 - x_0^2 y_0^2(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6) \\
\vartheta_1^4(N_{13} - 3N_{02} N_{11}) &= \nu_{13} q'^6 - (3\nu_{12} y_0 + \nu_{03} x_0)(1 - q'^3) q'^3 + \\
&\quad + 3(\nu_{11} y_0^2 + \nu_{02} x_0 y_0)(2 - q' - 2q'^2 + q^5) q' - 3\nu_{02} \nu_{11} q'^2 - \\
&\quad - x_0 y_0^3(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6) \\
\vartheta_1^4(N_{04} - 3N_{02}^2) &= \nu_{04} q'^6 - 4\nu_{03} y_0(1 - q'^3) q'^3 + 6\nu_{02} y_0^2(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) q' - \\
&\quad - 3\nu_{02} q'^2 - y_0^4(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6).
\end{aligned}
$$

By those equations the moments of the linear motions for the stars within a small area of the sky, are expressed through the moments of the apparent motion.

CHAPTER IV.

The determination of the frequency distribution of the velocities in space from the proper motions.

13. Dividing the sky with CHARLIER in 48 »squares» of equal area symmetrically distributed with regard to the equator, and letting the direction cosines γ_{13}, γ_{23}, γ_{33} be the direction cosines of the centre of gravity of the square, we have as system of coordinates of each pair of diametrically situated squares the system denoted by I. Such a pair I will in the following refer to as simply a »square».

Having computed the moments of the *apparent* proper motions of a square we obtain by the equations (55) (55*) (55**) the moments of the linear cross motions expressed in q' and ϑ_1.

Now the general line of progress will be the following:

By help of the equations (29) and the five first of the equations (17) we determine the characteristics of the motion as projected on the square. Then by equations (31) and (30*) we express those 12 characteristics in terms of the 31 characteristics of the motion in space referred to the system I of each square. Hereafter by aid of equations (36) and (43) we get the characteristics of motion as projected on the axes of system I expressed through the characteristics of the motion referred to the system II. Accordingly we obtain from each square 12 equations of condition between the 31 unknown characteristics of the motion in space referred to system II. Evidently the problem of finding these 31 characteristics is mathematically determinate if we have recourse to observations in three squares. For the characteristics of the second order — that is the ellipsoid — even two squares are enough. Now it will presently be shown that *all the equations are linear*, and naturally we then apply the method of least squares to the material from the whole heavens.

For the characteristics of the ellipsoid we thus compute normal equations for six unknowns from 72 equations of condition.

For the characteristics of the third order: 10 unknowns from 96 equations, and for the characteristics of the fourth order: 15 unknowns from 120 equations.

By the way, it may be remarked already here that on account of the symmetry of the squares the normal equations take very simple forms. Thus it will never be necessary to solve systems of normal equations with more than 6 unknowns and even that only in one single case.

14. We will first develop the method to find the characteristics of the second order in system II and to compute the vertices and the three axes of the velocity ellipsoid. The method was worked out by the author in January last year and a preliminary notice was published shortly afterwards [1].

Simultaneously a method using only two of the three characteristics available in each square was published by GYLLENBERG in connection with his studies of the radial motions [2].

Up to that time only a method assuming an ellipsoid of revolution had been worked out by CHARLIER. Indeed, CHARLIER makes some general remarks concerning the solution of the problem of the three-axial ellipsoid, but on the whole he seems to have regarded it as too complicate [3].

From the equations (36) CHARLIER (p. 83) has developed the formulæ

$$\begin{aligned} A_1 C = \; & AC - E^2 = (B''C'' - D''^2)\gamma_{12}^2 + (C''A'' - E''^2)\gamma_{22}^2 + (A''B'' - F''^2)\gamma_{32}^2 \\ & + 2(D''E'' - C''F'')\gamma_{12}\gamma_{22} + 2(E''F'' - A''D'')\gamma_{22}\gamma_{32} + 2(F''D'' - B''E'')\gamma_{32}\gamma_{12} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1 C = \; & BC - D^2 = (B''C'' - D''^2)\gamma_{11}^2 + (C''A'' - E''^2)\gamma_{21}^2 + (A''B'' - F''^2)\gamma_{31}^2 \\ & + 2(D''E'' - C''F'')\gamma_{11}\gamma_{21} + 2(E''F'' - A''D'')\gamma_{21}\gamma_{31} + 2(F''D'' - B''E'')\gamma_{31}\gamma_{11} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -CF_1 = -(FC - DE) = \; & (B''C'' - D''^2)\gamma_{11}\gamma_{12} + (C''A'' - E''^2)\gamma_{21}\gamma_{22} + (A''B'' - F''^2)\gamma_{31}\gamma_{32} \\ & + (D''E'' - C''F'')(\gamma_{11}\gamma_{22} + \gamma_{12}\gamma_{21}) \\ & + (E''F'' - A''D'')(\gamma_{21}\gamma_{32} + \gamma_{22}\gamma_{31}) \\ & + (F''D'' - B''E'')(\gamma_{31}\gamma_{12} + \gamma_{32}\gamma_{11}). \end{aligned}$$

Theoretically, if the quantities A_1, B_1, F_1 are known for two squares, and as C by equation (36) is a linear function of A'', B'', C'', D'', E'', F'' it seems as if the solution of those last quantities would lead to equations of the twelfth degree.

The whole difficulty consequently lies in the factor C of the left membrum. But we already have derived a property of C that will help us from this difficulty.

We have written

$$\Delta = \begin{vmatrix} A, & F, & E \\ F, & B, & D \\ E, & D, & C \end{vmatrix} \qquad \delta_1 = \begin{vmatrix} A_1, & F_1 \\ F_1, & B_1 \end{vmatrix}$$

and in the § 6 we found the equation

(32) $$C = \frac{\Delta}{\delta_1}.$$

[1] S. D. WICKSELL: A general Method to determine the three axes of the velocity ellipsoid from the proper motions of the stars. Medd. f. Lunds Observ. N:o 60.

[2] K. A. W. GYLLENBERG: On the three axial distribution of the velocities of the stars. Medd. fr. Lunds Observatorium N:o 59.

[3] CHARLIER: Stellar statistics II, chapter II.

Now we know that the determinant Δ is invariant when changing the direction of the axes of coordinates. Thus

$$C = \frac{\Delta''}{\delta_1}.$$

Further we have, as

$$m = \frac{1}{\delta_1},$$

$$\frac{A_1}{\delta_1} = N_{02}; \qquad \frac{B_1}{\delta_1} = N_{20}; \qquad \frac{F_1}{\delta_1} = N_{11},$$

and writing

$$x_1 = \frac{B''C''-D''^2}{\Delta''}\vartheta_1^2; \quad y_1 = \frac{A''C''-E''^2}{\Delta''}\vartheta_1^2; \quad z_1 = \frac{A''B''-F''^2}{\Delta''}\vartheta_1^2;$$

$$p_1 = \frac{D''E''-C''F''}{\Delta''}\vartheta_1^2; \quad q_1 = \frac{E''F''-A''D''}{\Delta''}\vartheta_1^2; \quad r_1 = \frac{F''D''-B''E''}{\Delta''}\vartheta_1^2,$$

we obtain for $x_1, y_1, z_1, p_1, q_1, r_1$ the linear equations

$$(57)\quad \begin{aligned} \vartheta_1^2 N_{02} &= x_1\gamma_{12}^2 + y_1\gamma_{22}^2 + z_1\gamma_{32}^2 + 2p_1\gamma_{12}\gamma_{22} + 2q_1\gamma_{22}\gamma_{32} + 2r_1\gamma_{12}\gamma_{32} \\ \vartheta_1^2 N_{20} &= x_1\gamma_{11}^2 + y_1\gamma_{21}^2 + z_1\gamma_{31}^2 + 2p_1\gamma_{11}\gamma_{21} + 2q_1\gamma_{21}\gamma_{31} + 2r_1\gamma_{11}\gamma_{31} \\ \vartheta_1^2 N_{11} &= x_1\gamma_{11}\gamma_{12} + y_1\gamma_{21}\gamma_{22} + z_1\gamma_{31}\gamma_{32} + p_1(\gamma_{11}\gamma_{22}+\gamma_{12}\gamma_{21}) + q_1(\gamma_{21}\gamma_{32}+\gamma_{22}\gamma_{31}) \\ &\quad + r_1(\gamma_{31}\gamma_{12}+\gamma_{32}\gamma_{11}). \end{aligned}$$

Inserting the expressions (55), and as $\gamma_{31}=0$, we get

$$(58)\quad \begin{aligned} \nu_{02}q' - y_0^2(1-q') &= x_1\alpha_1 + y_1\alpha_2 + z_1\alpha_3 + p_1\alpha_4 + q_1\alpha_5 + r_1\alpha_6 \\ \nu_{20}q' - x_0^2(1-q') &= x_1\beta_1 + y_1\beta_2 + p_1\beta_4 \\ \nu_{11}q' - x_0 y_0(1-q') &= x_1\gamma_1 + y_1\gamma_2 + p_1\gamma_4 + q_1\gamma_5 + r_1\gamma_6, \end{aligned}$$

where

$$\begin{array}{llllll} \alpha_1=\gamma_{12}^2 & \alpha_2=\gamma_{22}^2 & \alpha_3=\gamma_{32}^2 & \alpha_4=2\gamma_{12}\gamma_{22} & \alpha_5=2\gamma_{22}\gamma_{32} & \alpha_6=2\gamma_{12}\gamma_{32} \\ \beta_1=\gamma_{11}^2 & \beta_2=\gamma_{21}^2 & & \beta_4=2\gamma_{11}\gamma_{21} & & \\ \gamma_1=\gamma_{11}\gamma_{12} & \gamma_2=\gamma_{21}\gamma_{22} & & \gamma_4=(\gamma_{11}\gamma_{22}+\gamma_{12}\gamma_{21}) & \gamma_5=\gamma_{21}\gamma_{32} & \gamma_6=\gamma_{11}\gamma_{32} \end{array}$$

On account of $\gamma_{31}=0$ we have besides

$$\gamma_1 = -\gamma_2, \qquad \gamma_5 = +\gamma_{13}, \qquad \gamma_6 = -\gamma_{23}.$$

Letting q' remain undetermined we get normal equations having the left membrum of the form

$$a_1 q' - b_1(1-q').$$

Accordingly the quantities $x_1, y_1, z_1, p_1, q_1, r_1$ are expressed in the same way.

To more clearly point out the *genesis* of the equations (57) we remark that according to (10) we have

$$(59)\quad \begin{aligned} x_1 &= \vartheta_1^2 N''_{200}; & y_1 &= \vartheta_1^2 N''_{020}; & z_1 &= \vartheta_1^2 N''_{002} \\ p_1 &= \vartheta_1^2 N''_{110}; & q_1 &= \vartheta_1^2 N''_{011}; & r_1 &= \vartheta_1^2 N''_{101}. \end{aligned}$$

Further from (11)

$$A'' = \vartheta_1^2 \frac{y_1 z_1 - q_1^2}{k_3} \qquad B'' = \vartheta_1^2 \frac{x_1 z_1 - r_1^2}{k_3} \qquad C'' = \vartheta_1^2 \frac{x_1 y_1 - p_1^2}{k_3}$$

(60)

$$D'' = \vartheta_1^2 \frac{p_1 r_1 - x_1 q_1}{k_3} \qquad E'' = \vartheta_1^2 \frac{p_1 q_1 - y_1 r_1}{k_3} \qquad F'' = \vartheta_1^2 \frac{r_1 q_1 - p_1 z_1}{k_3},$$

when

$$k_3 = \vartheta_1^6 M = \begin{vmatrix} x_1, & p_1, & r_1 \\ p_1, & y_1, & q_1 \\ r_1, & q_1, & z_1 \end{vmatrix} = x_1 y_1 z_1 - x_1 q_1^2 - y_1 r_1^2 - z_1 p_1^2 + 2p_1 q_1 r_1 .$$

Having found A'', B'', C'', D'', E'', F'' we obtain the axes of the ellipsoid from the equation

$$\begin{vmatrix} A''-\xi, & F'', & E'' \\ F'', & B''-\xi, & D'' \\ E'', & D'', & C''-\xi \end{vmatrix} = 0,$$

where, the roots being ξ_1, ξ_2, ξ_3, we have

$$\xi_1 = A' \qquad \xi_2 = B' \qquad \xi_3 = C',$$

and the equation of the ellipsoid

$$A' U'^2 + B' V'^2 + C' W'^2 = 1 .$$

However, to obtain the axes of the ellipsoid we need never make the computation (60). Indeed, on account of the formula (10), we have

$$\Delta'' = \frac{\vartheta_1^6}{k_3},$$

and it follows that the roots s_1, s_2, s_3 of the equation

(61)

$$\begin{vmatrix} x_1-s, & p_1, & r_1 \\ p_1, & y_1-s, & q_1 \\ r_1, & q_1, & z_1-s \end{vmatrix} = 0$$

are equal to

$$s_1 = \frac{\vartheta_1^2}{A'} \qquad s_2 = \frac{\vartheta_1^2}{B'} \qquad s_3 = \frac{\vartheta_1^2}{C'},$$

or, calling the axes of the ellipsoid σ_1, σ_2, σ_3, we have

(61**)

$$s_1 = \vartheta_1^2 \sigma_1^2 \qquad s_2 = \vartheta_1^2 \sigma_2^2 \qquad s_3 = \vartheta_1^2 \sigma_3^2 .$$

Writing the cubic (61)

(61*)

$$s^3 - k_1 s^2 + k_2 s - k_3 = 0$$

we have for the coefficients

(62)

$$\begin{aligned} k_1 &= x_1 + y_1 + z_1 \\ k_2 &= x_1 y_1 + x_1 z_1 + y_1 z_1 - p_1^2 - q_1^2 - r_1^2 \\ k_3 &= x_1 y_1 z_1 - x_1 q_1^2 - y_1 r_1^2 - z_1 p_1^2 + 2p_1 q_1 r_1 . \end{aligned}$$

At last we write down the equations for the direction cosines of the vertices. In accordance with the theory of linear substitutions they are:

$$\text{Direction cos. of } \sigma_1 \left\{ \begin{array}{l} (x_1-s_1)\,\varepsilon_{11} + p_1\,\varepsilon_{21} + r_1\,\varepsilon_{31} = 0 \\ p_1\,\varepsilon_{11} + (y_1-s_1)\,\varepsilon_{21} + q_1\,\varepsilon_{31} = 0 \\ r_1\,\varepsilon_{11} + q_1\,\varepsilon_{21} + (z_1-s_1)\,\varepsilon_{31} = 0 \end{array} \right.$$

$$(63) \qquad \text{Direction cos. of } \sigma_2 \left\{ \begin{array}{l} (x_1-s_2)\,\varepsilon_{12} + p_1\,\varepsilon_{22} + r_1\,\varepsilon_{32} = 0 \\ p_1\,\varepsilon_{12} + (y_1-s_2)\,\varepsilon_{22} + q_1\,\varepsilon_{32} = 0 \\ r_1\,\varepsilon_{12} + q_1\,\varepsilon_{22} + (z_1-s_2)\,\varepsilon_{32} = 0 \end{array} \right.$$

$$\text{Direction cos. of } \sigma_3 \left\{ \begin{array}{l} (x_1-s_3)\,\varepsilon_{13} + p_1\,\varepsilon_{23} + r_1\,\varepsilon_{33} = 0 \\ p_1\,\varepsilon_{13} + (y_1-s_3)\,\varepsilon_{23} + q_1\,\varepsilon_{33} = 0 \\ r_1\,\varepsilon_{13} + q_1\,\varepsilon_{23} + (z_1-s_3)\,\varepsilon_{33} = 0\,. \end{array} \right.$$

And for the declination and right ascension of the vertices we have

Vertex I	Vertex II	Vertex III
$\cos\delta_1 \cos\alpha_1 = \varepsilon_{11}$	$\cos\delta_2 \cos\alpha_2 = \varepsilon_{12}$	$\cos\delta_3 \cos\alpha_3 = \varepsilon_{13}$
$\cos\delta_1 \sin\alpha_1 = \varepsilon_{21}$	$\cos\delta_2 \sin\alpha_2 = \varepsilon_{22}$	$\cos\delta_3 \sin\alpha_3 = \varepsilon_{23}$
$\sin\delta_1 = \varepsilon_{31}.$	$\sin\delta_2 = \varepsilon_{32}.$	$\sin\delta_3 = \varepsilon_{33}.$

15. Using the equations (41) or (43) we obtain as equations of condition for the characteristics of the third order, from each square a system of the following form:

(64)

$$B_{30} = a_1 B''_{300} + a_2 B''_{030} + a_3 B''_{003} + a_4 B''_{210} + a_5 B''_{201} + a_6 B''_{120} + a_7 B''_{021} + a_8 B''_{102} + a_9 B''_{012} + a_{10} B''_{111}$$
$$B_{21} = b_1 B''_{300} + b_2 B''_{030} + b_3 B''_{003} + b_4 B''_{210} + b_5 B''_{201} + b_6 B''_{120} + b_7 B''_{021} + b_8 B''_{102} + b_9 B''_{012} + b_{10} B''_{111}$$
$$B_{12} = c_1 B''_{300} + c_2 B''_{030} + c_3 B''_{003} + c_4 B''_{210} + c_5 B''_{201} + c_6 B''_{120} + c_7 B''_{021} + c_8 B''_{102} + c_9 B''_{012} + c_{10} B''_{111}$$
$$B_{03} = d_1 B''_{300} + d_2 B''_{030} + d_3 B''_{003} + d_4 B''_{210} + d_5 B''_{201} + d_6 B''_{120} + d_7 B''_{021} + d_8 B''_{102} + d_9 B''_{012} + d_{10} B''_{111}$$

where the coefficients are given by: (observe $\gamma_{31} = 0$)

$a_1 = \gamma_{11}^3$	$b_1 = 3\gamma_{11}^2\gamma_{12}$	$c_1 = 3\gamma_{11}\gamma_{12}^2$	$d_1 = \gamma_{12}^3$
$a_2 = \gamma_{21}^3$	$b_2 = 3\gamma_{21}^2\gamma_{22}$	$c_2 = 3\gamma_{21}\gamma_{22}^2$	$d_2 = \gamma_{22}^3$
$a_3 = \gamma_{31}^3 = 0$	$b_3 = 3\gamma_{31}^2\gamma_{32} = 0$	$c_3 = 3\gamma_{31}\gamma_{32}^2 = 0$	$d_3 = \gamma_{32}^3$
$a_4 = \gamma_{11}^2\gamma_{21}$	$b_4 = 2\gamma_{11}\gamma_{12}\gamma_{21} + \gamma_{11}^2\gamma_{22}$	$c_4 = 2\gamma_{11}\gamma_{12}\gamma_{22} + \gamma_{12}^2\gamma_{21}$	$d_4 = \gamma_{12}^2\gamma_{22}$
$a_5 = \gamma_{11}^2\gamma_{31} = 0$	$b_5 = 2\gamma_{11}\gamma_{12}\gamma_{31} + \gamma_{11}^2\gamma_{32}$	$c_5 = 2\gamma_{11}\gamma_{12}\gamma_{32} + \gamma_{12}^2\gamma_{31}$	$d_5 = \gamma_{12}^2\gamma_{32}$
$a_6 = \gamma_{11}\gamma_{21}^2$	$b_6 = 2\gamma_{11}\gamma_{21}\gamma_{22} + \gamma_{12}\gamma_{21}^2$	$c_6 = 2\gamma_{21}\gamma_{22}\gamma_{12} + \gamma_{11}\gamma_{22}^2$	$d_6 = \gamma_{12}\gamma_{22}^2$
$a_7 = \gamma_{21}^2\gamma_{31} = 0$	$b_7 = 2\gamma_{21}\gamma_{22}\gamma_{31} + \gamma_{21}^2\gamma_{32}$	$c_7 = 2\gamma_{21}\gamma_{22}\gamma_{32} + \gamma_{22}^2\gamma_{31}$	$d_7 = \gamma_{22}^2\gamma_{32}$
$a_8 = \gamma_{11}\gamma_{31}^2 = 0$	$b_8 = 2\gamma_{11}\gamma_{31}\gamma_{32} + \gamma_{12}\gamma_{31}^2 = 0$	$c_8 = 2\gamma_{12}\gamma_{31}\gamma_{32} + \gamma_{11}\gamma_{32}^2$	$d_8 = \gamma_{12}\gamma_{32}^2$
$a_9 = \gamma_{21}\gamma_{31}^2 = 0$	$b_9 = 2\gamma_{21}\gamma_{31}\gamma_{32} + \gamma_{22}\gamma_{31}^2 = 0$	$c_9 = 2\gamma_{22}\gamma_{31}\gamma_{32} + \gamma_{21}\gamma_{32}^2$	$d_9 = \gamma_{22}\gamma_{32}^2$
$a_{10} = \gamma_{11}\gamma_{21}\gamma_{31} = 0$	$b_{10} = \gamma_{11}\gamma_{21}\gamma_{32}$	$c_{10} = \gamma_{11}\gamma_{22}\gamma_{32}$	$d_{10} = \gamma_{12}\gamma_{22}\gamma_{32}$
	$+ \gamma_{11}\gamma_{22}\gamma_{31}$	$+ \gamma_{12}\gamma_{21}\gamma_{32}$	
	$+ \gamma_{12}\gamma_{21}\gamma_{31}$	$+ \gamma_{12}\gamma_{22}\gamma_{31}$	

By equations (55*) (30*) and the four first of equations (16) we have for the observed membra the forms

(65)
$$\begin{aligned}
\vartheta_1^3 B_{30} &= a_{11} q'^3 + a_{12}(1 - q'^2) q' + a_{13}(2 - 3q' + q'^3)\\
\vartheta_1^3 B_{21} &= b_{11} q'^3 + b_{12}(1 - q'^2) q' + b_{13}(2 - 3q' + q'^3)\\
\vartheta_1^3 B_{12} &= c_{11} q'^3 + c_{12}(1 - q'^2) q' + c_{13}(2 - 3q' + q'^3)\\
\vartheta_1^3 B_{03} &= d_{11} q'^3 + d_{12}(1 - q'^2) q' + d_{13}(2 - 3q' + q'^3)
\end{aligned}$$

where the coefficients are expressed in the moments of *apparent* motion as follows:

$$\begin{aligned}
a_{11} &= -\nu_{30} : 6 & b_{11} &= -\nu_{12} : 2\\
a_{12} &= +\nu_{20} x_0 : 2 & b_{12} &= +(y_0 \nu_{20} + 2x_0 \nu_{11}) : 2\\
a_{13} &= -x_0^3 : 6 & b_{13} &= -x_0^2 y_0 : 2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
c_{11} &= -\nu_{12} : 2 & d_{11} &= -\nu_{03} : 6\\
c_{12} &= \quad (x_0 \nu_{02} + 2y_0 \nu_{11}) : 2 & d_{12} &= \quad \nu_{02} y_0 : 2\\
c_{13} &= -x_0 y_0^2 : 2 & d_{13} &= -y_0^3 : 6
\end{aligned}$$

Applying the method of least squares to (64) and letting ϑ_1 and q' remain undetermined we finally arrive at the forms for the unknowns

(65*)
$$\vartheta_1^3 B_{ijk} = H^{(1)}_{ijk} q'^3 + H^{(2)}_{ijk}(1 - q'^2) q' + H^{(3)}_{ijk}(1 - 3q' + q'^3)$$
$$i + j + k = 3.$$

16. The corresponding equations of condition for the characteristics of the fourth order may be written for each square:

(66)
$$\begin{aligned}
B_{40} = {} & a'_1 B''_{400} + a'_2 B''_{040} + a'_3 B''_{004} + a'_4 B''_{130} + a'_5 B''_{103} + a'_6 B''_{310} + a'_7 B''_{301} +\\
& + a'_8 B''_{013} + a'_9 B''_{031} + a'_{10} B_{220} + a'_{11} B''_{202} + a'_{12} B''_{022} + a'_{13} B''_{211} +\\
& + a'_{14} B''_{121} + a'_{15} B''_{112},\\
B_{04} = {} & b'_1 B''_{400} + b'_2 B''_{040} + b'_3 B''_{004} + b'_4 B''_{130} + b'_5 B''_{103} + b'_6 B''_{310} + b'_7 B''_{301} +\\
& + b'_8 B''_{013} + b'_9 B''_{031} + b'_{10} B''_{220} + b'_{11} B''_{202} + b'_{12} B''_{022} + b'_{13} B''_{211} +\\
& + b'_{14} B''_{121} + b'_{15} B''_{112},\\
B_{31} = {} & c'_1 B''_{400} + c'_2 B''_{040} + c'_3 B''_{004} + c'_4 B''_{130} + c'_5 B''_{103} + c'_6 B''_{310} + c'_7 B''_{301} +\\
& + c'_8 B''_{013} + c'_9 B''_{031} + c'_{10} B''_{220} + c'_{11} B''_{202} + c'_{12} B''_{022} + c'_{13} B''_{211} +\\
& + c'_{14} B''_{121} + c'_{15} B''_{112},\\
B_{13} = {} & d'_1 B''_{400} + d'_2 B''_{040} + d'_3 B''_{004} + d'_4 B''_{130} + d'_5 B''_{103} + d'_6 B''_{310} + d'_7 B''_{301} +\\
& + d'_8 B''_{013} + d'_9 B''_{031} + d'_{10} B''_{220} + d'_{11} B''_{202} + d'_{12} B''_{022} + d'_{13} B''_{211} +\\
& + d'_{14} B''_{121} + d'_{15} B''_{112},\\
B_{22} = {} & e'_1 B''_{400} + e'_2 B''_{040} + e'_3 B''_{004} + e'_4 B''_{130} + e'_5 B''_{103} + e'_6 B''_{310} + e'_7 B''_{301} +\\
& + e'_8 B''_{013} + e'_9 B''_{031} + e'_{10} B''_{220} + e'_{11} B''_{202} + e'_{12} B''_{022} + e'_{13} B''_{211} +\\
& + e'_{14} B''_{121} + e'_{15} B''_{112},
\end{aligned}$$

and the coefficients are expressed in the direction cosines γ_{ij} as follows ($\gamma_{31} = 0$):

$a'_1 = \gamma_{11}^4$	$b'_1 = \gamma_{12}^4$	$c'_1 = 4\gamma_{11}^3\gamma_{12}$	$d'_1 = 4\gamma_{11}\gamma_{12}^3$	$e'_1 = 6\gamma_{11}^2\gamma_{12}^2$
$a'_2 = \gamma_{21}^4$	$b'_2 = \gamma_{22}^4$	$c'_2 = 4\gamma_{21}^3\gamma_{22}$	$d'_2 = 4\gamma_{21}\gamma_{22}^3$	$e'_2 = 6\gamma_{21}^2\gamma_{22}^2$
$a'_3 = 0$	$b'_3 = \gamma_{32}^4$	$c'_3 = 0$	$d'_3 = 0$	$e'_3 = 0$
$a'_4 = \gamma_{21}^3\gamma_{11}$	$b'_4 = \gamma_{22}^3\gamma_{12}$	$c'_4 = \gamma_{12}\gamma_{21}^3 + 3\gamma_{11}\gamma_{22}\gamma_{21}^2$	$d'_4 = \gamma_{11}\gamma_{22}^3 + 3\gamma_{12}\gamma_{21}\gamma_{22}^2$	$e'_4 = 3\gamma_{21}\gamma_{22}^2\gamma_{11} + 3\gamma_{12}\gamma_{21}^2\gamma_{22}$
$a'_5 = 0$	$b'_5 = \gamma_{32}^3\gamma_{12}$	$c'_5 = 0$	$d'_5 = \gamma_{11}\gamma_{32}^3$	$e'_5 = 0$
$a'_6 = \gamma_{11}^3\gamma_{21}$	$b'_6 = \gamma_{12}^3\gamma_{22}$	$c'_6 = \gamma_{11}^3\gamma_{22} + 3\gamma_{21}\gamma_{12}\gamma_{11}^2$	$d'_6 = \gamma_{21}\gamma_{12}^3 + 3\gamma_{22}\gamma_{11}\gamma_{12}^2$	$e'_6 = 3\gamma_{11}\gamma_{12}^2\gamma_{21} + 3\gamma_{22}\gamma_{11}^2\gamma_{12}$
$a'_7 = 0$	$b'_7 = \gamma_{12}^3\gamma_{32}$	$c'_7 = \gamma_{32}\gamma_{11}^3$	$d'_7 = 3\gamma_{32}\gamma_{11}\gamma_{12}^2$	$e'_7 = 3\gamma_{32}\gamma_{11}^2\gamma_{12}$
$a'_8 = 0$	$b'_8 = \gamma_{32}^3\gamma_{22}$	$c'_8 = 0$	$d'_8 = \gamma_{21}\gamma_{32}^3$	$e'_8 = 0$
$a'_9 = 0$	$b'_9 = \gamma_{22}^3\gamma_{32}$	$c'_9 = \gamma_{32}\gamma_{21}^3$	$d'_9 = 3\gamma_{32}\gamma_{21}\gamma_{22}^2$	$e'_9 = 3\gamma_{32}\gamma_{21}^2\gamma_{22}$
$a'_{10} = \gamma_{11}^2\gamma_{21}^2$	$b'_{10} = \gamma_{12}^2\gamma_{22}^2$	$c'_{10} = 2\gamma_{11}\gamma_{12}\gamma_{21}^2 + 2\gamma_{11}^2\gamma_{21}\gamma_{22}$	$d'_{10} = 2\gamma_{11}\gamma_{12}\gamma_{22}^2 + 2\gamma_{12}^2\gamma_{21}\gamma_{22}$	$e'_{10} = \gamma_{12}^2\gamma_{21}^2 + \gamma_{11}^2\gamma_{22}^2 + 4\gamma_{11}\gamma_{12}\gamma_{21}\gamma_{22}$
$a'_{11} = 0$	$b'_{11} = \gamma_{12}^2\gamma_{32}^2$	$c'_{11} = 0$	$d'_{11} = 2\gamma_{11}\gamma_{12}\gamma_{32}^2$	$e'_{11} = \gamma_{11}^2\gamma_{32}^2$
$a'_{12} = 0$	$b'_{12} = \gamma_{22}^2\gamma_{32}^2$	$c'_{12} = 0$	$d'_{12} = 2\gamma_{21}\gamma_{22}\gamma_{32}^2$	$e'_{12} = \gamma_{21}^2\gamma_{32}^2$
$a'_{13} = 0$	$b'_{13} = \gamma_{12}^2\gamma_{22}\gamma_{32}$	$c'_{13} = \gamma_{11}^2\gamma_{21}\gamma_{32}$	$d'_{13} = \gamma_{12}^2\gamma_{21}\gamma_{32} + 2\gamma_{11}\gamma_{12}\gamma_{22}\gamma_{32}$	$e'_{13} = \gamma_{11}^2\gamma_{22}\gamma_{32} + 2\gamma_{11}\gamma_{12}\gamma_{21}\gamma_{32}$
$a'_{14} = 0$	$b'_{14} = \gamma_{12}\gamma_{22}^2\gamma_{32}$	$c'_{14} = \gamma_{11}\gamma_{21}^2\gamma_{32}$	$d'_{14} = \gamma_{22}^2\gamma_{11}\gamma_{32} + 2\gamma_{22}\gamma_{21}\gamma_{12}\gamma_{32}$	$e'_{14} = \gamma_{21}^2\gamma_{12}\gamma_{32} + 2\gamma_{21}\gamma_{22}\gamma_{11}\gamma_{32}$
$a'_{15} = 0$	$b'_{15} = \gamma_{12}\gamma_{22}\gamma_{32}^2$	$c'_{15} = 0$	$d'_{15} = \gamma_{32}^3\gamma_{11}\gamma_{22} + \gamma_{32}^2\gamma_{12}\gamma_{21}$	$e'_{15} = \gamma_{32}^2\gamma_{11}\gamma_{21}$

The coeficients have, however, not been computed from those formulæ, but from the following that may easily be verified

$a'_1 = \beta_1^2$	$b'_1 = \alpha_1^2$	$c'_1 = 4\beta_1\gamma_1$	$d'_1 = 4\alpha_1\gamma_1$	$e'_1 = 6\alpha_1\beta_1$
$a'_2 = \beta_2^2$	$b'_2 = \alpha_2^2$	$c'_2 = 4\beta_2\gamma_2$	$d'_2 = 4\alpha_2\gamma_2$	$e'_2 = 6\alpha_2\beta_2$
$a'_3 = 0$	$b'_3 = \alpha_3^2$	$c'_3 = 0$	$d'_3 = 0$	$e'_3 = 0$
$a'_4 = 1/2\,\beta_2\beta_4$	$b'_4 = 1/2\,\alpha_2\alpha_4$	$c'_4 = \beta_2\gamma_4 + \beta_4\gamma_2$	$d'_4 = \alpha_2\gamma_4 + \alpha_4\gamma_2$	$e'_4 = 3/2(\alpha_2\beta_4 + \alpha_4\beta_2)$
$a'_5 = 0$	$b'_5 = 1/2\,\alpha_3\alpha_6$	$c'_5 = 0$	$d'_5 = \alpha_3\gamma_6$	$e'_5 = 0$
$a'_6 = 1/2\,\beta_1\beta_4$	$b'_6 = 1/2\,\alpha_1\alpha_4$	$c'_6 = \beta_1\gamma_4 + \beta_4\gamma_1$	$d'_6 = \alpha_1\gamma_4 + \alpha_4\gamma_1$	$e'_6 = 3/2(\alpha_1\beta_4 + \alpha_4\beta_1)$
$a'_7 = 0$	$b'_7 = 1/2\,\alpha_1\alpha_6$	$c'_7 = \beta_1\gamma_6$	$d'_7 = \alpha_1\gamma_6 + \alpha_6\gamma_1 = 3\alpha_1\gamma_6$	$e'_7 = 3/2\,\beta_1\alpha_6$
$a'_8 = 0$	$b'_8 = 1/2\,\alpha_3\alpha_5$	$c'_8 = 0$	$d'_8 = \alpha_3\gamma_5$	$e'_8 = 0$
$a'_9 = 0$	$b'_9 = 1/2\,\alpha_2\alpha_5$	$c'_9 = \beta_2\gamma_5$	$d'_9 = \alpha_2\gamma_5 + \alpha_5\gamma_2 = 3\alpha_2\gamma_5$	$e'_9 = 3/2\,\beta_2\alpha_5$
$a'_{10} = \beta_1\beta_2$	$b'_{10} = \alpha_1\alpha_2$	$c'_{10} = 2\gamma_1\beta_2 + 2\beta_1\gamma_2$	$d'_{10} = 2\gamma_1\alpha_2 + 2\alpha_1\gamma_2$	$e'_{10} = \alpha_1\beta_2 + \alpha_2\beta_1 - 4\alpha_1\beta_1$
$a'_{11} = 0$	$b'_{11} = \alpha_1\alpha_3$	$c'_{11} = 0$	$d'_{11} = 2\alpha_3\gamma_1$	$e'_{11} = \alpha_3\beta_1$
$a'_{12} = 0$	$b'_{12} = \alpha_2\alpha_3$	$c'_{12} = 0$	$d'_{12} = 2\alpha_3\gamma_2$	$e'_{12} = \alpha_3\beta_2$
$a'_{13} = 0$	$b'_{13} = 1/2\,\alpha_1\alpha_5$	$c'_{13} = \beta_1\gamma_5$	$d'_{13} = \alpha_1\gamma_5 + \alpha_5\gamma_1$	$e'_{13} = 1/2(\alpha_5\beta_1 + \beta_4\alpha_6)$
$a'_{14} = 0$	$b'_{14} = 1/2\,\alpha_2\alpha_6$	$c'_{14} = \beta_2\gamma_6$	$d'_{14} = \alpha_2\gamma_6 + \alpha_6\gamma_2$	$e'_{14} = 1/2(\beta_2\alpha_6 + \beta_4\alpha_5)$
$a'_{15} = 0$	$b'_{15} = 1/2\,\alpha_3\alpha_4$	$c'_{15} = 0$	$d'_{15} = \alpha_3\gamma_4$	$e'_{15} = 1/2\,\alpha_3\beta_4$

Similarly as in the case of the characteristics of the third order we now write the left membra thus

(67)

$$\vartheta_1^4 B_{40} = a'_{16} q'^6 + a'_{17}(1 - q'^3) q'^3 + a'_{18}(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) q' + a'_{19} q'^2 + a'_{20}(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6)$$
$$\vartheta_1^4 B_{04} = b'_{16} q'^6 + b'_{17}(1 - q'^3) q'^3 + b'_{18}(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) q' + b'_{19} q'^2 + b'_{20}(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6)$$
$$\vartheta_1^4 B_{31} = c'_{16} q'^6 + c'_{17}(1 - q'^3) q'^3 + c'_{18}(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) q' + c'_{19} q'^2 + c'_{20}(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6)$$
$$\vartheta_1^4 B_{13} = d'_{16} q'^6 + d'_{17}(1 - q'^3) q'^3 + d'_{18}(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) q' + d'_{19} q'^2 + d'_{20}(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6)$$
$$\vartheta_1^4 B_{22} = e'_{16} q'^6 + e'_{17}(1 - q'^3) q'^3 + e'_{18}(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) q' + e'_{19} q'^2 + e'_{20}(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6)$$

and we find from (55**), (30*) and (17)

$$\begin{aligned}
a'_{16} &= + \nu_{40} : 24 & b'_{16} &= + \nu_{04} : 24 & c'_{16} &= + \nu_{31} : 6 \\
a'_{17} &= - \nu_{30}\, x_0 : 6 & b'_{17} &= - \nu_{03}\, y_0 : 6 & c'_{17} &= - (3\nu_{21}\, x_0 + \nu_{30}\, y_0) : 6 \\
a'_{18} &= + \nu_{20}\, x_0^2 : 4 & b'_{18} &= + \nu_{02}\, y_0^2 : 4 & c'_{18} &= + (\nu_{11}\, x_0^2 + \nu_{20}\, x_0\, y_0) : 2 \\
a'_{19} &= - \nu_{20}^2 : 8 & b'_{19} &= - \nu_{02}^2 : 8 & c'_{19} &= - \nu_{20}\, \nu_{11} : 2 \\
a'_{20} &= - x_0^4 : 24 & b'_{20} &= - y_0^4 : 24 & c'_{20} &= - x_0^3\, y_0 : 6
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d'_{16} &= + \nu_{13} : 6 & e'_{16} &= + \nu_{22} : 4 \\
d'_{17} &= - (3\nu_{12}\, y_0 + \nu_{03}\, x_0) : 6 & e'_{17} &= - (\nu_{12}\, x_0 + \nu_{21}\, y_0) : 2 \\
d'_{18} &= + (\nu_{11}\, y_0^2 + \nu_{02}\, x_0\, y_0) : 2 & e'_{18} &= + (4\nu_{11}\, x_0\, y_0 + \nu_{20}\, y_0^2 + \nu_{02}\, x_0^2) : 4 \\
d'_{19} &= - \nu_{02}\, \nu_{11} : 2 & e'_{19} &= - (2\nu_{11}^2 + \nu_{20}\, \nu_{02}) : 4 \\
d'_{20} &= - x_0\, y_0^3 : 6 & e'_{20} &= - x_0^2\, y_0^2 : 4 .
\end{aligned}$$

Having computed and solved the normal equations we will have as solutions the numerical values of the H_{ijk} in the following expressions:

(67*)
$$\vartheta_1^4 B''_{ijk} = H^{(1)}_{ijk} q'^6 + H^{(2)}_{ijk}(1 - q'^3) q'^3 + H^{(3)}_{ijk}(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) q' + H^{(4)}_{ijk} q'^2 + \\ + H^{(5)}_{ijk}(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6) .$$

17. Now it would seem to be very laborious to undertake to compute and solve normal equations with fifteen unknowns especially as the unknowns come forth as algebraical polynoms of q'. However, a multitude of circumstances are at hand to facilitate the work in an astounding way. I will here mention a few that depend on the symmetrical distribution of the squares with regard to the equator.

When computing the normal equations we have to form sums of products of the coefficients, for instance $\Sigma\, a'_i\, a'_j$, over all the squares. Now it may be shown that in *all cases except five, the sums of products are zero or expressible in the sums of the quadrats of some of the other coefficients.* Indeed, it may easily be verified that

$$\Sigma\, \alpha_1\, \alpha_2 = {}^1/_4\, \Sigma\, \alpha_4^2, \qquad \Sigma\, \alpha_1\, \alpha_3 = {}^1/_4\, \Sigma\, \alpha_6^2, \qquad \Sigma\, \alpha_2\, \alpha_3 = {}^1/_4\, \Sigma\, \alpha_5^2$$
$$\Sigma\, \beta_1\, \beta_2 = {}^1/_4\, \Sigma\, \beta_4^2, \qquad \Sigma\, \gamma_1\, \gamma_2 = - \Sigma\, \gamma_1^2 .$$

All the other 23 sums of products are zero and here consequently only the sums of the quadrats need be computed.

Further we have:

$$\Sigma a_2 a_4 = \Sigma a_6^2 = \Sigma a_4^2$$
$$\Sigma a_1 a_6 = \Sigma a_6^2 = \Sigma a_4^2 \qquad \Sigma b_2 b_4 = -\tfrac{1}{3} \Sigma b_1^2$$
$$\Sigma b_1 b_6 = -\tfrac{1}{3} \Sigma b_1^3 = -\tfrac{1}{3} \Sigma b_2^3 \qquad \Sigma b_5 b_7 = \Sigma b_{10}^2$$
$$\Sigma c_1 c_6 = -\tfrac{1}{3} \Sigma c_1^2 = -\tfrac{1}{3} \Sigma c_2^2 \qquad \Sigma c_2 c_9 = \tfrac{3}{4} \Sigma c_7^2 = \tfrac{3}{4} \Sigma c_5^2$$
$$\Sigma c_2 c_4 = -\tfrac{1}{3} \Sigma c_1^2 \qquad \Sigma c_5 c_7 = -\Sigma c_5^2$$
$$\Sigma c_1 c_8 = \tfrac{3}{4} \Sigma c_5^2$$
$$\Sigma c_6 c_8 + \Sigma c_4 c_9 = \Sigma c_{10}^2 - \tfrac{1}{2} \Sigma c_5^2$$

$$\Sigma d_2 d_4 = \Sigma d_6^2 \qquad \Sigma d_3 d_7 = \Sigma d_9^2 \qquad \Sigma d_4 d_9 = \Sigma d_{10}^2$$
$$\Sigma d_1 d_6 = \Sigma d_6^2 \qquad \Sigma d_1 d_8 = \Sigma d_5^2 \qquad \Sigma d_5 d_7 = \Sigma d_{10}^2$$
$$\Sigma d_3 d_5 = \Sigma d_8^2 \qquad \Sigma d_2 d_9 = \Sigma d_7^2 \qquad \Sigma d_6 d_8 = \Sigma d_{10}^2$$

and all the other 87 sums of products are zero; consequently here only the sum $\Sigma c_4 c_9$ need be computed directly, else only sums of quadrats are needed.

By the equations for the characteristics of the fourth order we finally get:

$$\Sigma a'_1 a'_2 = \Sigma a'^2_{10}, \quad \Sigma a'_1 a'_{10} = \Sigma a'^2_6, \quad \Sigma a'_2 a'_{10} = \Sigma a'^2_4, \quad \Sigma a'_4 a'_6 = \Sigma a'^2_{10}$$
$$\Sigma b'_4 b'_6 = \Sigma b'^2_{10}, \quad \Sigma b'_4 b'_{15} = \Sigma b'^2_{14}, \quad \Sigma b'_5 b'_7 = \Sigma b'^2_{11}, \quad \Sigma b'_5 b'_{14} = \Sigma b'^2_{15}$$
$$\Sigma b'_6 b'_{15} = \Sigma b'^2_{13}, \quad \Sigma b'_7 b'_{14} = \Sigma b'^2_{13}, \quad \Sigma b'_8 b'_9 = \Sigma b'^2_{12}, \quad \Sigma b'_8 b'_{13} = \Sigma b'^2_{15}$$
$$\Sigma b'_9 b'_{13} = \Sigma b'^2_{14}, \quad \Sigma b'_{10} b'_{11} = \Sigma b'^2_{13}, \quad \Sigma b'_{10} b'_{12} = \Sigma b'^2_{14}, \quad \Sigma b'_{11} b'_{12} = \Sigma b'^2_{15}$$
$$\Sigma b'_1 b'_2 = \Sigma b'^2_{10}, \quad \Sigma b'_1 b'_3 = \Sigma b'^2_{11}, \quad \Sigma b'_1 b'_{10} = \Sigma b'^2_6, \quad \Sigma b'_1 b'_{11} = \Sigma b'^2_7$$
$$\Sigma b'_1 b'_{12} = \Sigma b'^2_{13}, \quad \Sigma b'_2 b'_3 = \Sigma b'^2_{12}, \quad \Sigma b'_2 b'_{10} = \Sigma b'^2_4, \quad \Sigma b'_2 b'_{11} = \Sigma b'^2_{14}$$
$$\Sigma b'_2 b'_{12} = \Sigma b'^2_9, \quad \Sigma b'_3 b'_{10} = \Sigma b'^2_{15}, \quad \Sigma b'_3 b'_{11} = \Sigma b'^2_5, \quad \Sigma b'_3 b'_{12} = \Sigma b'^2_8$$

$$\Sigma c'_1 c'_2 = 2 \Sigma c'^2_{10} - \tfrac{1}{2} \Sigma c'^2_1 - \tfrac{1}{2} \Sigma c'^2_2, \quad \Sigma c'_1 c'_{10} = -\Sigma c'^2_{10} - \tfrac{1}{4} \Sigma c'^2_1 + \tfrac{1}{4} \Sigma c'^2_2$$
$$\Sigma c'_4 c'_6 = \tfrac{5}{4} \Sigma c'^2_{10} - \tfrac{1}{8} \Sigma c'^2_1 - \tfrac{1}{8} \Sigma c'^2_2, \quad \Sigma c'_2 c'_{10} = -\Sigma c'^2_{10} + \tfrac{1}{4} \Sigma c'^2_1 - \tfrac{1}{4} \Sigma c'^2_2$$
$$\Sigma c'_7 c'_{14} = \Sigma c'^2_{13}, \quad \Sigma c'_9 c'_{13} = \Sigma c'^2_{14}$$

$$\Sigma d'_1 d'_2 = 2 \Sigma d'^2_{10} - \tfrac{1}{2} \Sigma d'^2_1 - \tfrac{1}{2} \Sigma d'^2_2, \quad \Sigma d'_4 d'_6 = \tfrac{5}{4} \Sigma d'^2_{10} - \tfrac{1}{8} \Sigma d'^2_1 - \tfrac{1}{8} \Sigma d'^2_2$$
$$\Sigma d'_1 d'_{10} = -\Sigma d'^2_{10} - \tfrac{1}{4} \Sigma d'^2_1 + \tfrac{1}{4} \Sigma d'^2_2, \quad \Sigma d'_4 d'_{15} = \Sigma d'^2_{14} - \tfrac{1}{9} \Sigma d'^2_7$$
$$\Sigma d'_2 d'_{10} = -\Sigma d'^2_{10} + \tfrac{1}{4} \Sigma d'^2_1 - \tfrac{1}{4} \Sigma d^2_2, \quad \Sigma d'_6 d'_{15} = \Sigma d'^2_{13} - \tfrac{1}{9} \Sigma d'^2_9$$
$$\Sigma d'_{10} d'_{11} = \tfrac{4}{9} (\Sigma d'^2_9 - \Sigma d'^2_7), \quad \Sigma d'_{10} d'_{12} = -\tfrac{4}{9} (\Sigma d'^2_9 - \Sigma d'^2_7)$$
$$\Sigma d'_1 d'_{11} = \tfrac{8}{9} \Sigma d'^2_7, \quad \Sigma d'_5 d'_7 = \tfrac{3}{4} \Sigma d'^2_{11}, \quad \Sigma d'_1 d'_{12} = -\tfrac{8}{9} \Sigma d'^2_7$$
$$\Sigma d'_2 d'_{11} = -\tfrac{8}{9} \Sigma d'^2_9, \quad \Sigma d'_2 d'_{12} = \tfrac{8}{9} \Sigma d'^2_9, \quad \Sigma d'_{11} d'_{12} = -\Sigma d'^2_{11}$$

$$\Sigma e'_1 e'_{10} = \tfrac{2}{3} \Sigma e'^2_6 - \tfrac{1}{3} \Sigma e'^2_1, \quad \Sigma e'_4 e'_{14} = \tfrac{1}{3} \Sigma e'^2_7 - \tfrac{1}{3} \Sigma e'^2_9$$
$$\Sigma e'_6 e'_{15} = \tfrac{1}{3} \Sigma e'^2_9 - \tfrac{1}{3} \Sigma e'^2_7, \quad \Sigma e'_7 e'_{14} = \tfrac{1}{3} \Sigma e'^2_9 - \tfrac{2}{3} \Sigma e'^2_7$$
$$\Sigma e'_9 e'_{13} = \tfrac{1}{3} \Sigma e'^2_7 - \tfrac{2}{3} \Sigma e'^2_9, \quad \Sigma e'_2 e'_{10} = \tfrac{2}{3} \Sigma c'^2_4 - \tfrac{1}{3} \Sigma e'^2_2$$
$$\Sigma e'_{10} e'_{10} = \Sigma e'^2_{13} - \tfrac{1}{3} \Sigma e'^2_9, \quad \Sigma e'_{10} e'_{12} = \Sigma e'^2_{14} - \tfrac{1}{3} \Sigma e'^2_7$$
$$\Sigma e'_1 e'_2 = \Sigma e'^2_1, \quad \Sigma e'_4 e'_6 = \Sigma e'^2_4, \quad \Sigma e'_1 e'_{11} = \tfrac{2}{3} \Sigma e'^2_7, \quad \Sigma e'_1 e'_{12} = \tfrac{2}{3} e'^2_4$$
$$\Sigma e'_{11} e'_{12} = \Sigma e'^2_{15}.$$

Finally $\sum d'_7 d'_{14}$, $\sum d'_8 d'_{13}$, $\sum d'_5 d'_{14}$, $\sum d'_9 d'_{13}$ have to be computed directly. All the other 240 sums of products vanish.

As seen the labour will be immensily reduced by those circumstances.

Further a variety of equations may be developed to be used as control formulæ.

Most of the computations for the normal equations have been made by a clerk and with the aid of the calculating machines »Original Odhner» and »Burroughs Addition Machine». They have also been thoroughly and completely checked by help of several control formulæ.

CHAPTER V.

The observational data.

17. The observational data used for the investigation are the proper motions of all stars brighter than the sixt magnitude, as given in Boss' *Preliminary General Catalogue*, in all 4041 stars. As this catalogue is complete as far down as to the magnitude 6.0 our material consists with a few exclusions of all stars in the heavens brigter than this magnitude.

In his above cited work *Studies in stellar statistics II*: *The motion of the stars* CHARLIER has divided this material in 48 groups as to the position of the stars, and for each region put together the motions in correlation tables. The 48 regions are obtained by dividing the sky into »squares» symmetrically distributed with regard to the equator. The squares have equal area, and are selected according to the following table.

Squares of the northern hemisphere.

Square	Declination between	Right-ascension between	Square	Declination between	Right-ascension between	Square	Declination between	Right-ascension between
C_1	0°—30°	0°— 30°	B_1	30°—66.°44	0°— 36°	A_1	66.°44—90°	0°—180°
C_2	» »	30°— 60°	B_2	» »	36°— 72°	A_2	» »	180°—360°
C_3	» »	60°— 90°	B_3	» »	72°—108°			
C_4	» »	90°—120°	B_4	» »	108°—144°			
C_5	» »	120°—150°	B_5	» »	144°—180°			
C_6	» »	150°—180°	B_6	» »	180°—216°			
C_7	» »	180°—210°	B_7	» »	216°—252°			
C_8	» »	210°—240°	B_8	» »	252°—288°			
C_9	» »	240°—270°	B_9	» »	288°—324°			
C_{10}	» »	270°—300°	B_{10}	» »	324°—360°			
C_{11}	» »	300°—330°		» »				
C_{12}	» »	330°—360°		» »				

For each square of the northern hemisphere there is one diametrically situated on the the southern hemisphere. As the squares are to be regarded as plane, the proper motions of the stars in such a pair are referred to the same axes of coordinates.

Accordingly the correlation tables of two such diametrically situated squares may be added (when changing the sign of the proper motion in right ascension on the southern hemisphere) and the moments computed for the motions. The moments given in table I are the moments of the apparent motion about the mean of such a double square. In the following I shall always refer to the double-squares as shortly squares, thus by C_1 meaning the double-cone having the solid angle C_1. Similarly the other double-squares are denoted by the name of its northern component.

Now, one objection may be raised against this arrangement. When, namely, the system of stars as a whole should be affected by a *rotational* motion about some axis, then clearly the »spread» of the motions in our compound squares should be greatened, as the rotation must affect the two components in opposite directions. Consequently we should find our second and fourth moments too great. Indeed, Charlier, has found, for the stars here employed, such a rotational motion amounting to $\rho = 0''.0035$ per year, about an axis nearly normal to the plane of the Milky Way*. This rotational motion is, however, small enough to be altogether neglected when taking together the stars in diametrical squares. Assuming, for instance, the number of stars in the two component squares to be equal, we should have to correct ν_{20} by $-\rho^2 \sin^2\varphi$; ν_{02} by $-\rho^2\cos^2\varphi$; ν_{11} by $-\rho^2 \sin\varphi\cos\varphi$. The moments of the third order are not affected at all and by those of the fourth order we should have to correct, for instance, $\nu_{40} - 3\nu_{20}^2$ by $+\rho^4\sin^4\varphi$. For φ we have to take the angle between the x-axis of the square and the axis of rotation, and to find the above corrections formulae (68*) (68**) and (68***) can be used. As $\rho = \frac{\omega}{14}$, we see that taking the classbreadth as unity the corrections of the second and fourth characteristics at most amount to 0.0051 and 0.000026, which can be wholly neglected, especially as we have already neglected the corrections of Sheppard for the classbreadth, which affect even one higher of the decimal places.

The direction cosines of the centres of gravity of the squares are according to Charlier** as put together in table V.

---

* This is the motion of the node of the invariable plane of the solar system upon the plane of the Galaxy. It is direct and has a period of about 370 million years.

** The direction cosines for the U- and V-axes tabulated by Charlier l. c. p. 70 we must take with changement of sign.

TABLE V.

Direction cosines of the squares

	γ_{11}	γ_{12}	γ_{13}	γ_{21}	γ_{32}	γ_{23}	γ_{32}	γ_{33}
A_1	— 1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	— 0.9848	+ 0.1736	+ 0.1736	+ 0.9848
A_2	+ 1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	+ 0.9848	— 0.1736	+ 0.1736	+ 0.9848
B_1	— 0.3090	— 0.6737	+ 0.6714	+ 0.9511	— 0.2189	+ 0.2181	+ 0.7059	+ 0.7083
B_2	— 0.8090	— 0.4163	+ 0.4149	+ 0.5878	— 0.5730	+ 0.5711	+ 0.7059	+ 0.7083
B_3	— 1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	— 0.7083	+ 0.7059	+ 0.7059	+ 0.7083
B_4	— 0.8090	+ 0.4163	— 0.4149	— 0.5878	— 0.5730	+ 0.5711	+ 0.7059	+ 0.7083
B_5	— 0.3090	+ 0.6737	— 0.6714	— 0.9511	— 0.2189	+ 0 2181	+ 0.7059	+ 0.7083
B_6	+ 0.3090	+ 0.6737	— 0.6714	— 0.9511	+ 0.2189	— 0.2181	+ 0.7059	+ 0.7083
B_7	+ 0.8090	+ 0.4163	— 0.4149	— 0.5878	+ 0.5730	— 0.5711	+ 0.7059	+ 0.7083
B_8	+ 1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	+ 0.7083	— 0.7059	+ 0.7059	+ 0.7083
B_9	+ 0.8090	— 0.4163	+ 0.4149	+ 0.5878	+ 0 5730	— 0.5711	+ 0.7059	+ 0.7083
B_{10}	+ 0.3090	— 0.6737	+ 0.6714	+ 0.9511	+ 0.2189	— 0.2181	+ 0.7059	+ 0.7083
C_1	— 0.2588	— 0.2415	+ 0.9353	+ 0.9659	— 0.0647	+ 0.2506	+ 0.9683	+ 0.2500
C_2	— 0.7071	— 0.1768	+ 0.6847	+ 0.7071	— 0.1768	+ 0.6847	+ 0.9683	+ 0.2500
C_3	— 0.9659	— 0.0647	+ 0.2506	+ 0.2588	— 0.2415	+ 0.9353	+ 0.9683	+ 0.2500
C_4	— 0.9659	+ 0.0647	— 0.2506	— 0.2588	— 0.2415	+ 0.9353	+ 0.9683	+ 0.2500
C_5	— 0.7071	+ 0.1768	— 0.6847	— 0.7071	— 0.1768	+ 0.6847	+ 0.9683	+ 0.2500
C_6	— 0.2588	+ 0.2415	— 0.9353	— 0.9659	— 0.0647	+ 0.2506	+ 0.9683	+ 0.2500
C_7	+ 0.2588	+ 0.2415	— 0.9353	— 0.9659	+ 0.0647	— 0.2506	+ 0.9683	+ 0.2500
C_8	+ 0.7071	+ 0.1768	— 0.6847	— 0.7071	+ 0.1768	— 0.6847	+ 0.9683	+ 0.2500
C_9	+ 0.9659	+ 0.0647	— 0.2506	— 0.2588	+ 0.2415	— 0.9353	+ 0.9683	+ 0.2500
C_{10}	+ 0.9659	— 0.0647	+ 0.2506	+ 0.2588	+ 0.2415	— 0.9353	+ 0.9683	+ 0.2500
C_{11}	+ 0.7071	— 0.1768	+ 0.6847	+ 0.7071	+ 0.1768	— 0.6847	+ 0.9683	+ 0.2500
C_{12}	+ 0.2588	— 0.2415	+ 0.9353	+ 0.9659	+ 0.0647	— 0.2506	+ 0.9683	+ 0.2500

In the cited work CHARLIER has published the values of x_0, y_0, ν_{20}, ν_{11}, ν_{02}, ν_{30}, ν_{03}, ν_{40}, ν_{04} for each of his 48 squares. The values of the remaining moments ν_{21}, ν_{12}, ν_{31}, ν_{22}, ν_{13} have also been computed and, though unpublished, kindly placed at my disposal. All this work being already done, the most convenient way to get at the moments of the compound squares, is to compute by the formulæ giving the moments of a frequency distribution that is made up of two component distributions added to each other.

We will give those formulæ as they are of a very general interest. But as they depend on algebraical developments of some length we give them without demonstration.

Denoting by index (n) the moments of a northern square, by index (s) the moment of the diametrical square, and by n_1 and n_2 the relative numbers of the stars in the two squares, we have: *

$$\nu'_{ij} = n_1 \, \nu'^{(n)}_{ij} + n_2 \, \nu'^{(s)}_{ij},$$
$$n_1 + n_2 = 1.$$

Applying here the formulæ (45), (45*), (45**) we get the equations

* CHARLIERS values for $\nu_{ij}^{(s)}$ must he taken with negative sign if i is an odd number.

(68)
$$x_0 = n_1\, x_0^{(n)} + n_2\, x_0^{(s)},$$
$$y_0 = n_1\, y_0^{(n)} + n_2\, y_0^{(s)},$$

and putting

$$\nu_{ij}^{(n)} - \nu_{ij}^{(s)} = \Delta_{ij}, \qquad \nu_{ij}^{(n)} + \nu_{ij}^{(s)} = \Sigma_{ij},$$

we find

(68*)
$$\nu_{20} = n_1\, \nu_{20}^{(n)} + n_2\, \nu_{20}^{(s)} + n_1\, n_2\, \Delta_{10}^2$$
$$\nu_{11} = n_1\, \nu_{11}^{(n)} + n_2\, \nu_{11}^{(s)} + n_1\, n_2\, \Delta_{10}\, \Delta_{01}$$
$$\nu_{02} = n_1\, \nu_{02}^{(n)} + n_2\, \nu_{02}^{(s)} + n_1\, n_2\, \Delta_{01}^2$$

(68**)
$$\nu_{30} = n_1\, \nu_{30}^{(n)} + n_2\, \nu_{30}^{(s)} + 3n_1\, n_2\, \Delta_{20}\, \Delta_{10} + n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{10}^3$$
$$\nu_{21} = n_1\, n_{21}^{(n)} + n_2\, \nu_{21}^{(s)} + n_1\, n_2\, \Delta_{20}\, \Delta_{01} + 2n_1\, n_2\, \Delta_{11}\, \Delta_{10} + n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{10}^2\, \Delta_{01}$$
$$\nu_{12} = n_1\, \nu_{12}^{(n)} + n_2\, \nu_{12}^{(s)} + n_1\, n_2\, \Delta_{02}\, \Delta_{10} + 2n_1\, n_2\, \Delta_{11}\, \Delta_{01} + n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{10}\, \Delta_{01}^2$$
$$\nu_{03} = n_1\, \nu_{03}^{(n)} + n_2\, \nu_{03}^{(s)} + 3n_1\, n_2\, \Delta_{02}\, \Delta_{01} + n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{01}^3$$

(68***)
$$\nu_{40} = n_1\, \nu_{40}^{(n)} + n_2\, \nu_{40}^{(s)} + 4n_1\, n_2\, \Delta_{30}\, \Delta_{10} + 3n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{20}\, \Delta_{10}^2 +$$
$$+ 3n_1\, n_2\, \Sigma_{20}\, \Delta_{10}^2 + n_1\, n_2(1 - 3n_1\, n_2)\, \Delta_{10}^4$$
$$\nu_{31} = n_1\, \nu_{31}^{(n)} + n_2\, \nu_{31}^{(s)} + 3n_1\, n_2\, \Delta_{21}\, \Delta_{10} + n_1\, n_2\, \Delta_{30}\, \Delta_{01}$$
$$+ \tfrac{3}{2}\, n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{11}\, \Delta_{10}^2 + \tfrac{3}{2}\, n_1\, n_2\, \Sigma_{11}\, \Delta_{10}^2$$
$$+ \tfrac{3}{2}\, n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{20}\, \Delta_{10}\, \Delta_{01} + \tfrac{3}{2}\, n_1\, n_2\, \Sigma_{20}\, \Delta_{10}\, \Delta_{01}$$
$$+ n_1\, n_2(1 - 3n_1\, n_2)\, \Delta_{10}^3\, \Delta_{01}$$
$$\nu_{22} = n_1\, \nu_{22}^{(n)} + n_2\, \nu_{22}^{(s)} + 2n_1\, n_2\, \Delta_{21}\, \Delta_{01} + 2n_1\, n_2\, \Delta_{12}\, \Delta_{10}$$
$$+ 2n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{11}\, \Delta_{10}\, \Delta_{01} + 2n_1\, n_2\, \Delta_{11}\, \Delta_{10}\, \Delta_{01}$$
$$+ \tfrac{1}{2}\, n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{20}\, \Delta_{01}^2 + \tfrac{1}{2}\, n_1\, n_2\, \Sigma_{20}\, \Delta_{10}^2$$
$$+ \tfrac{1}{2}\, n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{02}\, \Delta_{10}^2 + \tfrac{1}{2}\, n_1\, n_2\, \Sigma_{02}\, \Delta_{10}^2$$
$$+ n_1\, n_2(1 - 3n_1\, n_2)\, \Delta_{10}^2\, \Delta_{01}^2$$
$$\nu_{13} = n_1\, \nu_{13}^{(n)} + n_2\, \nu_{13}^{(s)} + 3n_1\, n_2\, \Delta_{12}\, \Delta_{01} + n_1\, n_2\, \Delta_{03}\, \Delta_{10}$$
$$+ \tfrac{3}{2}\, n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{11}\, \Delta_{01}^2 + \tfrac{3}{2}\, n_1\, {}_2\, \Sigma_{11}\, \Delta_{01}^2$$
$$+ \tfrac{3}{2}\, n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{02}\, \Delta_{10}\, \Delta_{01} + \tfrac{3}{2}\, n_1\, n_2\, \Sigma_{01}\, \Delta_{10}\, \Delta_{01}$$
$$+ n_1\, n_2(1 - 3n_1\, n_2)\, \Delta_{10}\, \Delta_{01}^3$$
$$\nu_{04} = n_1\, \nu_{04}^{(n)} + n_2\, \nu_{04}^{(s)} + 4n_1\, n_2\, \Delta_{03}\, \Delta_{01} + 3n_1\, n_2(n_2 - n_1)\, \Delta_{02}\, \Delta_{01}^2 +$$
$$+ 3n_1\, n_2\, \Sigma_{01}\, \Delta_{01}^2 + n_1\, n_2(1 - 3n_1\, n_2)\, \Delta_{01}^4.$$

In table I we give the moments and number of stars N for each square. The unit is one class breadth = 0.''05 per year.

TABLE I.

Moments of the apparent proper-motion.

	N	x_0	y_0	ν_{20}	ν_{02}	ν_{11}
A_1	144	+ 0.180	— 0.625	+ 1.245	+ 2.504	— 0.589
A_2	159	+ 0.047	+ 0.871	+ 0.739	+ 3.038	+ 0.270
B_1	208	+ 0.697	— 0.573	+ 2.542	+ 1.124	— 0.164
B_2	216	+ 0.509	— 0.745	+ 1.111	+ 1.103	— 0.591
B_3	183	+ 0.161	— 0.969	+ 0.651	+ 2.042	+ 0.005
B_4	123	— 0.492	— 0.671	+ 1.456	+ 1.458	+ 0.594
B_5	130	— 0.992	— 0 638	+ 3.110	+ 2.411	+ 0.233
B_6	106	— 0.707	— 0.245	+ 2.674	+ 1.265	— 0.655
B_7	131	— 0.744	+ 0.225	+ 3.452	+ 3.680	— 1.609
B_8	178	+ 0.180	+ 0.298	+ 1.353	+ 3.172	+ 0.457
B_9	283	+ 0.496	— 0.019	+ 0.922	+ 1.508	+ 0.627
B_{10}	214	+ 0.658	— 0.153	+ 1.855	+ 0.918	+ 0.614
C_1	123	+ 0.744	— 0.663	+ 3.696	+ 1.583	+ 0.167
C_2	178	+ 0.781	— 0.775	+ 2.900	+ 1.458	+ 0.357
C_3	227	+ 0.492	— 0.708	+ 1.445	+ 0.834	+ 0.136
C_4	207	— 0.249	— 0.698	+ 1.240	+ 1.598	— 0.158
C_5	141	— 0.752	— 0.961	+ 2.093	+ 2.489	— 0.057
C_6	136	— 0.838	— 0.632	+ 4.681	+ 1.218	— 0.450
C_7	114	— 0.789	— 0.403	+ 2.890	+ 2.331	— 0.753
C_8	132	— 0.834	— 0.576	+ 3.946	+ 1.584	+ 0.091
C_9	191	— 0.249	— 0.322	+ 1.361	+ 1.617	— 0.458
C_{10}	255	+ 0 320	— 0.198	+ 1.065	+ 1.513	— 0.151
C_{11}	135	+ 0.622	— 0.474	+ 2.522	+ 1.601	+ 0.093
C_{12}	107	+ 1.033	— 0.164	+ 3.430	+ 2.018	+ 0.135

	ν_{30}	ν_{21}	ν_{12}	ν_{03}	ν_{40}	ν_{31}	ν_{22}	ν_{13}	ν_{04}
A_1	+ 1.449	— 1.035	+ 1.583	— 2.607	+ 10.175	— 8.007	+ 13.905	— 19.170	+ 40.748
A_2	— 0.602	— 0.206	— 0.509	+ 0.790	+ 3.487	+ 0.647	+ 3.234	— 0.053	+ 67.591
B_1	+ 5.673	— 1.130	— 1.721	— 0.519	+ 47.708	— 3.454	+ 12.783	— 1.489	+ 28.017
B_2	+ 1.978	— 1.309	+ 1.949	— 2.892	+ 11.597	— 4.999	+ 6.444	— 9.655	+ 14.363
B_3	+ 0 001	— 0.508	— 0.501	— 2.701	+ 1.810	+ 0.657	+ 2 867	+ 4.681	+ 25.566
B_4	— 0 319	+ 0.135	— 0.256	— 1.318	+ 10.048	+ 3.205	+ 4.959	+ 6.353	+ 13.054
B_5	— 4 640	— 0.327	— 1.408	— 5 453	+ 49 207	+ 0.842	+ 9.913	+ 3.328	+ 50.024
B_6	— 0.685	+ 0.517	— 0.757	— 0.550	+ 18.666	— 4.239	+ 4.462	— 3.858	+ 8 322
B_7	— 9.381	+ 4.349	— 4.337	+ 1.548	+ 75.459	— 34.446	+ 41.209	— 43.322	+ 95.552
B_8	+ 3.069	+ 0.490	+ 0.749	+ 6.583	+ 19.441	+ 3.584	+ 7.796	+ 11.144	+ 78.108
B_9	+ 1.965	+ 1.787	+ 2.338	+ 1.881	+ 12.797	+ 11.619	+ 14.374	+ 13 239	+ 27.396
B_{10}	+ 1.146	— 0.903	+ 0.297	— 0.21	+ 30.088	+ 6.106	+ 5.791	+ 2.905	+ 6.116
C_1	— 5.014	— 3.241	— 0.708	— 2.410	+ 73.479	+ 17.421	+ 15.325	+ 5.540	+ 17.035
C_2	+ 2 369	— 0.402	+ 1.678	+ 1.423	+ 56.330	+ 19.632	+ 28.677	+ 24.273	+ 37.162
C_3	— 0.269	— 0.693	— 0.383	— 1.687	+ 13 389	+ 2.878	+ 2.747	+ 0.187	+ 7.524
C_4	+ 1.299	— 0 718	+ 1.655	— 4 167	+ 16.160	— 2.840	+ 13.589	— 7.377	+ 27.814
C_5	— 3.785	— 0.867	— 0.205	— 9.253	+ 27.002	— 4.073	+ 20 391	— 1.383	+ 64.636
C_6	— 2.383	— 4.266	+ 0.673	— 1 582	+120.926	— 24 112	+ 29.440	— 3.928	+ 19.706
C_7	— 2.545	— 0.663	+ 0.379	— 2.313	+ 40.171	— 11.987	+ 15.130	— 10.078	+ 52.419
C_8	— 5.159	— 1.604	— 0.650	— 1 306	+ 70.873	— 2.104	+ 7.860	+ 0.855	+ 9 693
C_9	+ 0.308	— 1.474	+ 2.288	— 2.330	+ 21.036	— 12.078	+ 17.465	— 16.015	+ 27.067
C_{10}	+ 1.626	— 1.080	+ 1.077	— 3.562	+ 10.048	— 2 966	+ 6.800	— 6.056	+ 27.596
C_{11}	+ 2.523	— 0.804	— 0.169	— 2.307	+ 44.577	— 9.438	+ 15.803	— 6.594	+ 20.295
C_{12}	+ 5.478	+ 0.889	+ 0.085	— 1.743	+ 44 249	+ 6.691	+ 8.688	+ 2.491	+ 27.599

CHAPTER VI.

The normal equations and the characteristics as referred to the system of the equator.

18. At the end of this memoir we in tables II, III and IV give the values of the coefficients of the equations (58), (64) and (66) for each square. From these the normal equations are computed.

For the second characteristics we obtain the normal equations

$$
\begin{aligned}
x_1 \,.\, 11.9312 + y_1 \,.\, 2.3492 + z_1 \,.\, 1.6016 &= 27.1655\, q' - 3.0432 \\
x_1 \,.\, 2.3492 + y_1 \,.\, 11.8124 + z_1 \,.\, 1.6600 &= 53.5855\, q' - 9.2538 \\
x_1 \,.\, 1.6016 + y_1 \,.\, 1.6600 + z_1 \,.\, 13.0340 &= 33.5440\, q' - 5.4571
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
p_1 \,.\, 17.1058 \qquad\qquad\qquad\qquad &= -4.0998\, q' + 0.5636 \\
q_1 \,.\, 14\,7558 \qquad\qquad &= -0.5154\, q' + 6.6289 \\
r_1 \,.\, 14.5844 &= +3.1957\, q' - 0.5963,
\end{aligned}
$$

which give

$$
\begin{aligned}
\vartheta_1^{\,2} N''_{2\,0\,0} &= x_1 = +1.2281\, q' - 0\,0697 \\
\vartheta_1^{\,2} N''_{0\,2\,0} &= y_1 = +4.0236\, q' - 0.7249 \\
\vartheta_1^{\,2} N''_{0\,0\,2} &= z_1 = +1.9110\, q' - 0.3177 \\
\vartheta_1^{\,2} N''_{1\,1\,0} &= p_1 = -0.2397\, q' + 0.0330 \\
\vartheta_1^{\,2} N''_{0\,1\,1} &= q_1 = -0.0349\, q' + 0.4492 \\
\vartheta_1^{\,2} N''_{1\,0\,1} &= r_1 = +0.2191\, q' - 0.0409.
\end{aligned}
$$

To obtain, from these values, the axes of the ellipsoid we must form the cubic (61*). We get

$$
\begin{aligned}
s^3 - s^2\,(7.1627\, q' - 1.1123) + s\,(14.8707\, q'^2 - 4.2923\, q' + 0.0983) - \\
- (9.1421\, q'^3 - 3.6607\, q^{\,2} + 0.2064\, q' - 0.0017) = 0.
\end{aligned}
$$

This equation we cannot solve without using numerical values of q'. Hence we give in table VI the roots for four different values of q'. Computing then the vertices from equations (63) and the axes from (61**) the table VII is obtained. The unit is the *class breadth* which is very near equal to the velocity of the sun.

The values of q' are chosen rather arbitrarily. The value $q' = 0.6205$ is the one used by Charlier.

TABLE VI.

The roots of the cubic.

q'	s_1	s_2	s_3
1.0000	3.4057	1.6036	1.0412
0.8422	2.7906	1.2778	0.8517
0.6205	1.9462	0.8234	0.5626
0.4500	1.3270	0 5177	0.2663

TABLE VII.

The Axes and the Vertices of the Velocity-ellipsoid for different values of q'.

q'	$\vartheta_1 \sigma_1$	α_1	δ_1	$\vartheta_1 \sigma_2$	α_2	δ_2	$\vartheta_1 \sigma_3$	α_3	δ_3	Δ_3
1.00	1.8454	274°.3	—12°.4	1.2663	339°.1	62°.5	1.0204	189°.9	24°.1	4°
0.84	1.6705	274°.1	—15°.8	1.1304	338°.3	57°.9	0.9229	192°.2	27°.5	1°
0.62	1.3950	273°.6	—21°.3	0.9074	342°.1	43°.3	0.7501	202°.0	39°.0	16°
0.45	1.1520	272°.9	—28°.7	0.7195	351°	21°	0.5160	230°.6	53°.5	37°

The pole of the Milky way is according to Kobold

$$\alpha = 191^\circ.2$$
$$\delta = 28^\circ.0.$$

The last column of table VII contains *the distance of the smallest axis from this pole.* The distance will be a minimum for q' somewhat smaller than 0.84, and it will then not amount to even 1°. Further we see that when q' decreases below 0.84 this axis will lie more and more distant from the pole, being for $q' = 0.45$ already 37° from it.

Accordingly we see that *for q' between 1.0 and 0.7 the system of the axes of the velocity ellipsoid can be regarded as a galactic system.*

As it has been found by Gyllenberg from the radial velocities that the velocity ellipsoid has two axes in the plane of the Milky Way we already here may conclude that *q' cannot well have a value below 0.7.* Compare, however, *p. 66.*

The value $q' = 1$ gives the ellipsoid of the *apparent* motions. We call it the apparent ellipsoid. We find, that using as unity the second of arc we have:

The Apparent Ellipsoid

Axes:	$\sigma_1 = 0''.0923$	Vertex:	$\alpha_1 = 274^\circ.3$	$\delta_1 = -12^\circ.4$
	$\sigma_2 = 0''.0633$		$\alpha_2 = 339^\circ.1$	$\delta_2 = +62^\circ.5$
	$\sigma_3 = 0''.0510$		$\alpha_3 = 189^\circ.9$	$\delta_3 = +24^\circ.1.$

The Apex of the solar motion referred to the stars here used has been computed by CHARLIER. A recomputation performed by me of course gave the same result. It is:

Solar motion and Apex. $\vartheta_1 S = 1.0275 = 0.''05138$
$$A = 272.^{0}7$$
$$D = 31.^{0}6.$$

Taking for the value of S the solar velocity found by GYLLENBERG from 1114 radial velocities, or

$$S = 19.4 \text{ km. per sec.}$$

we obtain

(1) $$\vartheta_1 = 0.0529,$$

which value is to be used to get our attributes of motion expressed in the km. per sec. as unity.

Generally it will be more adequate in discussing stellar movements, to use as unity of length and time the *Siriometer* $= 10^6$ times the mean distance of the Sun and the *Stellar year* $= 10^6$ years*. Thus the velocity one Siriometer per stellar year is the same as one mean distance of the Sun per year.

In those units we have

$$S = 4.103,$$

and obtain

(2) $$\vartheta_1 = 0.2504.$$

Multiplying with the classbreadth we find the mean parallax of the stars brighter than 6.0

$$\pi_1 = 0.''01252.$$

Using the value (1) of ϑ_1 we get the table VIII for the axes. In this table also the excentricities are contained. Thus e_{12} is the excentricity in the plane

VIII.

q'	σ_1 km	σ_2 km	σ_3 km	e_{12}	e_{13}
1.0000	34.88	23.93	19.29	0.73	0.83
0.8422	31.57	21.36	17.44	0.74	0.83
0.6205	26.36	17.15	14.18	0.75	0.83
0.4500	21.77	13.60	9.75	0.78	0.89

of σ_1 and σ_2, a. s. f. Of course the excentricities are independent of ϑ_1, but we here see also, that they are practically independent of q'. Thus we may state that *the form of the ellipsoid is the same whatever (in any way plausible) values*

* Those units have been adopted by CHARLIER in his lectures on stellar statistics.

of q' or ϑ_1 be used. But it will be affected if we correct for a ϑ_1 varying with galactic latitude. In the main we characterize the velocity ellipsoid as follows: *The velocity ellipsoid is an ellipsoid with three unequal axes. The shortest axis is directed toward the galactic pole and the longest one near the galactic point $\alpha = 273^0$ $\delta = -15^0$. The excentricities of the ellipsoid in sections transverse to the three axes are $e_{12} = 0.75$, $e_{13} = 0.84$, $e_{23} = 0.57$. If ϑ_1 varies with galactic latitude those excentricities shall be slightly corrected, else they are highly independent of the assumptions regarding the density- and luminosity-laws.*

The most interesting feature of the ellipsoid as found here from the proper motions is that *it has not the same form as the ellipsoid of the radial motions* *. Indeed, the radial motions produce an ellipsoid having the *medium* axes directed toward the pole of the Galaxy. GYLLENBERG has found that for all stars brighter than the magnitude 4.9 we have the axes **

$$\sigma_1 = 19.7 \text{ km.}$$
$$\sigma_2 = 12.5 \text{ »}$$
$$\sigma_3 = 16.9 \text{ »}$$

and this form is qualitatively the same for all spectral classes save the B- and M-type, of which there is procentually very few among the stars brigher than 6.0.

Taking the mean of the square axes for the types A, F and G GYLLENBERG's values will give:

$$\sigma_1 = 21.2 \text{ km.}$$
$$\sigma_2 = 13.3 \text{ »}$$
$$\sigma_3 = 17.5 \text{ »}$$

The transgalactic axis σ_3 lies within 6^0 of the pole of the Milky Way and the longest galactic axis points towards $\alpha = 273^0$ $\delta = -12^0$.

Now, of course, those values are not directly comparable with our values for different q' as the direction of the axes also varies with q'. The more careful comparison shall be saved till a following chapter, where the characteristics referred to a fixed galactic system of coordinates can be discussed. Already here we can, however, note some circumstances. It will be seen, for instance, that *the ratio of the two galactic axes is the same in the ellipsoids of proper motion and radial motion.* Further that the galactic axes will be of the same magnitude in the two ellipsoids if q' is taken about 0.45, but that the transgalactic axis requires a q' of the order of magnitude of 0.80. The question is now which of the two sorts of axes shall be compared? Against using the galactic axes speaks the exceedingly low value of q' for which the vertex positions do not agree. Against the other axis, however, speaks the fact that it is determined from galactic stars when using the proper motion, but from non-galactic stars when employing the radial velocities. But, anyway, the last objection seems to be the one of least importance.

* This fact was first noted by GYLLENBERG. Compare Medd. Nr. 59.

** Those figures are as yet unpublished. They have been kindly placed at my disposal.

There seems to be principally three possible explanations of this difference between the results of radial- and proper-motions *. They are:

1:o. If the stars out of the Galaxy have greater spread of motion than the galactic stars.

2:o. If the mean parallax ϑ_1 is greater near the pole of the Milky Way than in its plane.

3:o. If the tangential components of motion parallel to the galactic plane generally predominate over the radial components.

The second explanation is decidedly the most simple and plausible one, but it has the fault that the difference to be explained is too great. Indeed, it would for $q' = 0.75$ require a ratio of ϑ_1 out of the Galaxy to ϑ_1 in the Galaxy amounting to about 2:1. Now for the stars brighter than the magnitude 6.0 it is not probable, that the boundary of the stellar system being further away in the Galaxy than at the pole, should have any effect on the mean parallax. Indeed, the variation must principally come forth on account of the predominance of the early spectral class stars in the Galaxy compared to the polar regions. The variation then cannot be anywhere so great. In fact, as will be seen in a following chapter the proper motions themselves make probable a ratio amounting to about 1.2. As a summary it is only the more emphasized of how great an importance it is to study the variation in ϑ_1 and correct the axes for it. In a following chapter we will, in fact, more carefully look into the thing, and we will there also procure a method of correcting the characteristics for this variation.

To explain the difference recourse must also be taken to one of the other hypotheses or both. To come to a decision it will perhaps be most expedient to compute the ellipsoid separately from stars in the galactic and in the polar regions. For the present I will, however, not go further into these questions, hoping to find an opportunity to do so another time.

19. The normal equations for the characteristics of the third order take the following simple form:

$$-3.8512\,B''_{111}\vartheta_1^3 = +1.3282\,q'^3 - 0.5897\,q'(1-q'^2) + 0.1423(2-3q'+q'^3)$$

$$\begin{array}{rrrcrrr}
-13.9552\,B''_{300}\vartheta_1^3 & +0.1084\,B''_{120}\vartheta_1^3 & -1.6878\,B''_{102}\vartheta_1^3 & = & +0.5184\,q'^3 & +0.6877\,q'(1-q'^2) & -0.0342(2-3q'+q'^3) \\
+0.1084 & -5.9383 & -0.6209 & = & -1.5020 & +0.9243 & -0.1210 \\
-1.6878 & -0.6209 & -7.4710 & = & -0.5289 & +0.1477 & -0.1463 \\
-13.7772\,B''_{030}\vartheta_1^3 & +0.1084\,B''_{210}\vartheta_1^3 & -1.7438\,B''_{012}\vartheta_1^3 & = & +10.7940\,q'^3 & +20.1610\,q'(1-q'^2) & +1.6458(2-3q'+q'^3) \\
+0.1084 & -5.9902 & -0.5624 & = & +0.9566 & -3.6172 & +0.0976 \\
-1.7438 & -0.1624 & -7.4710 & = & +2.2416 & -7.2754 & +1.5002 \\
-11.1286\,B''_{003}\vartheta_1^3 & -0.9527\,B''_{201}\vartheta_1^3 & -0.9545\,B''_{021}\vartheta_1^3 & = & -4.9453\,q'^3 & +5.7262\,q'(1-q'^2) & -0.5677(2-3q'+q'^3) \\
-0.9527 & -8.2352 & -0.5904 & = & -3.6788 & +3.5266 & -0.3886 \\
-0.9545 & -0.5904 & -8.2320 & = & -3.1457 & +5.4148 & -1.7464
\end{array}$$

* On the whole all possible explanations of the difference between the results deduced from the cross motions and from the radial motions must be sought either in a variation of the parameters ϑ_1 and q' in different regions of the sky, or in the circumstance that the distribution of the velocities is not strictly the same in all parts of the heavens.

Writing generally (for $i+j+k=3$)

$$\vartheta_1^3 B_{ijk} = H^{(1)}_{ijk}\, q'^3 + H^{(2)}_{ijk}\, q'(1-q'^2) + H^{(3)}_{ijk}\,(2-3q'+q'^3)$$

we obtain as solutions the following table.

Characteristics of the third order referred to the Equatoreal System.

	$H^{(1)}_{ijk}$	$H^{(2)}_{ijk}$	$H^{(3)}_{ijk}$
$\vartheta_1^3 B''_{300}$	-0.0425	-0.0511	$+0.00042$
$\vartheta_1^3 B''_{120}$	$+0.2459$	-0.1570	$+0.01845$
$\vartheta_1^3 B''_{102}$	$+0.0598$	$+0.0049$	$+0.01781$
$\vartheta_1^3 B''_{030}$	-0.7711	$+1.3911$	-0.09693
$\vartheta_1^3 B''_{210}$	-0.1633	$+0.5714$	-0.00124
$\vartheta_1^3 B''_{012}$	-0.1018	$+0.6061$	-0.17810
$\vartheta_1^3 B''_{003}$	$+0.3852$	-0.4757	$+0.03083$
$\vartheta_1^3 B''_{201}$	$+0.3806$	-0.3370	$+0.02888$
$\vartheta_1^3 B''_{021}$	$+0.3102$	-0.5831	$+0.20650$
$\vartheta_1^3 B''_{111}$	-0.3449	$+0.1531$	-0.03695

20. Finally the normal equations for the characteristics of the fourth order will be of 4 kinds. We have

3 equations of the form

$$\vartheta_1^4 B''_{130}\, h_1 + \vartheta_1^4 B''_{310}\, h_2 + \vartheta_1^4 B''_{112}\, h_3 = h_4\, q'^6 + h_5\, q'^3(1-q'^3) +$$
$$+ h_6\, q'(2-q'-2q'^3+q'^5) + h_7\, q'^2 + h_8(6-12q'+3q'^2+4q'^3-q'^6),$$

as given by the table

h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8
5.1872	-0.1910	$+0.4208$	-4.6422	$+2.1772$	-0.9482	$+1.5501$	$+0.0623$
-0.1910	$+5.3017$	$+0.3659$	-1.3703	$+0.1140$	-0.2482	-0.0091	$+0.0101$
$+0.4208$	$+0.3659$	$+2.6662$	-1.6690	$+1.5274$	-0.2971	$+0.6524$	$+0.0266$

3 equations of the form

$$\vartheta_1^4 B''_{103}\, k_1 + \vartheta_1^4 B''_{301}\, k_2 + \vartheta_1^4 B''_{121}\, k_3 = k_4\, q'^6 + k_5\, q'^3(1-q'^3) +$$
$$+ k_6\, q'(2-q'-2q'^2+q'^5) + k_7\, q'^2 + k_8(6-12q'+3q'^2+4q'^3-q'^6),$$

given in the table,

k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8
$+6.1838$	$+0.9637$	$+0.3234$	-5.4631	$+0.2298$	-0.1220	$+0.5826$	-0.0073
$+0.9637$	$+7.8612$	$+0.2104$	-2.2731	-0.1651	$+0.5974$	-0.7957	-0.0357
$+0.3234$	$+0.2101$	$+2.5169$	-2.2637	-0.4414	$+0.1218$	$+0.5936$	-0.0326

3 equations of the form

$$\vartheta_1^4 B''_{013} l_1 + \vartheta_1^4 B''_{031} l_2 + \vartheta_1^4 B''_{211} l_3 = l_4 q'^6 + l_5 q'^3(1 - q'^3) + \\ + l_6 q'(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) + l_7 q'^2 + l_8(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6),$$

given in the table

l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8
+ 6.1830	+ 0.9657	+ 0.3210	+ 8.3133	+ 2.7977	— 2.9961	— 2.7019	+ 0.2773
+ 0.9657	+ 7.8570	+ 0.2080	+16.5260	+ 4.0352	— 5 2532	— 6.0618	+ 0.5065
+ 0.3210	+ 0.2080	+ 2.5210	+ 5.0679	+ 1.0559	— 1.2143	— 1.3284	+ 0.0551

finally 6 equations of the form

$$\vartheta_1^4 B''_{400} m_1 + \vartheta_1^4 B''_{040} m_2 + \vartheta_1^4 B''_{004} m_3 + \vartheta_1^4 B''_{220} m_4 + \vartheta_1^4 B''_{202} m_5 + \vartheta_1^4 B''_{022} m_6 = \\ = m_7 q'^6 + m_8 q'^3(1 - q'^3) + m_9(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) q' + m_{10} q'^2 + \\ + m_{11}(6 - 12q' + 3q'^2 + 4q'^3 - q'^6)$$

and given by the table

m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9	m_{10}	m_{11}
+14.7440	+ 0.0524	+ 0.2500	— 0.2337	+ 2.0474	+ 0.5914	+ 13.8829	— 0.9798	+ 0.7737	— 4.1455	— 0.0410
+ 0.0524	+14.5154	+ 0.2520	— 0.2341	+ 0.5911	+ 2.1021	+ 48 8587	—10.3444	+ 9.8267	—23.0590	— 0.4800
+ 0.2500	+ 0.2520	+ 9.8906	+ 0.0834	+ 0.6196	+ 0.6190	+ 15.9906	— 3.2800	+ 1.8801	— 5.1859	— 0.1000
— 0.2337	— 0.2342	+ 0.0834	+ 4.1712	+ 0.4981	+ 0.4392	+ 10.5492	— 0.8894	+ 1.1292	— 4.7261	— 0.0336
+ 2.0474	+ 0.5911	+ 0.6196	+ 0.4981	+ 6.0904	+ 0.7602	+ 24.3770	— 2.2405	+ 1.7239	— 6.0074	— 0.1529
+ 0.5914	+ 2.1024	+ 0.6190	+ 0.4392	+ 0.7602	+ 6.0908	+ 36.7593	— 5.0750	+ 4.6168	—13 5552	— 0.4609

Solving, we obtain as solutions

$$\vartheta_1^4 B''_{ijk} = H^{(1)}_{ijk} q'^6 + H^{(2)}_{ijk} q'^3(1 - q'^3) + H^{(3)}_{ijk}(2 - q' - 2q'^2 + q'^5) q' + \\ + H^{(4)}_{ijk} q'^2 + H^{(5)}_{ijk}(6 - 12q' + 3q'^2 + 4y'^3 + q'^6)$$

and we find:

Characteristics of the fourth order referred to the Equatoreal System.

	$H^{(1)}_{ijk}$	$H^{(2)}_{ijk}$	$H^{(3)}_{ijk}$	$H^{(4)}_{ijk}$	$H^{(5)}_{ijk}$
$\vartheta_1^4 B''_{400}$	+ 0.3741	— 0.0120	+ 0.0136	— 0.1551	— 0.0000
$\vartheta_1^4 B''_{040}$	+ 2.6097	— 0.6223	+ 0.6005	— 1.3493	— 0.0229
$\vartheta_1^4 B''_{004}$	+ 1.0677	— 0.2672	+ 0.1332	— 0.3482	— 0.0045
$\vartheta_1^4 B''_{220}$	+ 1.8665	— 0.1619	+ 0.2347	— 0.9858	— 0.0000
$\vartheta_1^4 B''_{202}$	+ 2.7998	— 0.1938	+ 0.1246	— 0.4903	— 0.0149
$\vartheta_1^4 B''_{022}$	+ 4.5055	— 0.5542	+ 0.5034	— 1.5770	— 0.0656
$\vartheta_1^4 B''_{130}$	— 0.8677	+ 0.3781	— 0.1783	+ 0.2823	+ 0.0114
$\vartheta_1^4 B''_{310}$	— 0.2584	— 0.0003	— 0.0479	— 0.0054	+ 0.0018
$\vartheta_1^4 B'_{112}$	— 0.4536	+ 0.5132	— 0.0767	+ 0.2009	+ 0.0794
$\vartheta_1^4 B''_{103}$	— 0.8165	+ 0.0501	— 0.0346	+ 0.1007	+ 0.0001
$\vartheta_1^4 B''_{301}$	— 0.1682	— 0.0223	+ 0.0789	— 0.1198	— 0.0042
$\vartheta_1^4 B''_{121}$	— 0.7805	— 0.1799	+ 0.0463	+ 0.2329	— 0.0126
$\vartheta_1^4 B''_{013}$	+ 0.9517	+ 0.3513	— 0.3689	— 0.3018	+ 0.0349
$\vartheta_1^4 B''_{031}$	+ 1.9406	+ 0.5380	— 0.6131	— 0.7231	+ 0.0599
$\vartheta_1^4 B''_{211}$	+ 1.7290	+ 0.3297	— 0.3841	— 0.4289	+ 0.0145

CHAPTER VII.

The characteristics referred to a galactic system of coordinates.

21. For many obvious reasons it is preferable to have the characteristics of the motion referred to a system of coordinates having one axis directed toward the galactic pole. Accordingly we will perform the transformation of all the characteristics to the system III defined in § 8. The transformation is obtained algebraically by the equations (57) and permutations for the second moments, and by (41) or (43) for the higher characteristics, exchanging the direction cosines γ_{ij} against α_{ij}. The reason why the characteristics where not at once transformed to the system III from each square, obviously lies in the advantage gained on account of the symmetry to the equator. Thus the way *via* the system II is really a short cut, besides giving the vertices in equatoreal coordinates.

As the principal vertex (vertex of the longest axis) lies in the Milky Way we naturally take the $U^{(s)}$ axis in that direction. Originally it was my intention to take the vertex system for $q' = 0.8$ as the system III*. By a calamity this vertex-system was slightly miscalculated and consequently the system III does not coincide with the vertices of $q' = 0.8$. As this was not discovered before the transformations of the characteristics were nearly completed I did not think it worth while to alter the system. Besides the difference is very small, any of the axes lying within 4^0 of the vertices mentioned and the $W^{(s)}$ axis lying within $2^0.5$ of the galactic pole of Kobold.

The system III is now defined as follows

System III: Direction of the	$U^{(s)}$-axis	$\alpha = 270^0.0$	$\delta = -15^0.0$
	$V^{(s)}$-axis	$\alpha = 335^0.7$	$\delta = +56^0.9$
	$W^{(s)}$-axis	$\alpha = 188^0.5$	$\delta = +28^0.7$

* Unfortunately I was not aware at the time of the fact that GYLLENBERG had already made use of a similar system. His system could as well have been used, and it is to deplore that there is a difference, though very small.

and the direction cosines are

$$\alpha_{11} = 0.0000 \qquad \alpha_{12} = +0.4978 \qquad \alpha_{12} = -0.8673$$
$$\alpha_{21} = -0.9658 \qquad \alpha_{22} = -0.2244 \qquad \alpha_{23} = -0.1289$$
$$\alpha_{31} = -0.2588 \qquad \alpha_{32} = +0.8327 \qquad \alpha_{33} = +0.4807.$$

Space doesn't permit a reproduction of the numerical equations of transformation. Of course they are of a character to give the characteristics sought explicitely and linearily expressed in terms of the characteristics (of the same order) in the equatoreal system. It will suffice to know that the transformations have been thorougly and painfully checked.

We obtain for the moments of the second order the expressions

$$\vartheta_1^2 N^{(s)}_{200} = 3.8629\, q' - 0.4729 \qquad \vartheta_1^2 N^{(s)}_{110} = 0.5710\, q' - 0.4362$$
$$\vartheta_1^2 N^{(s)}_{020} = 2.0975\, q' - 0.4871 \qquad \vartheta_1^2 N^{(s)}_{101} = 0.1265\, q' - 0.2258$$
$$\vartheta_1^2 N^{(s)}_{002} = 1.2002\, q' - 0.1520 \qquad \vartheta_1^2 N^{(s)}_{011} = 0.2252\, q' - 0.2314$$

and using the notations of the preceding chapter:

Characteristics of the third order referred to the Galactic System.

	$H^{(1)}_{ijk}$	$H^{(2)}_{ijk}$	$H^{(3)}_{ijk}$
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{300}$	+ 0.6201	— 1.1441	+ 0.0485
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{210}$	+ 0.7865	— 1.1464	+ 0.1370
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{120}$	+ 0.2577	— 0.7289	+ 0.1854
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{030}$	+ 0.4075	— 0.5166	+ 0.0720
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{021}$	+ 0.1923	— 0.3358	+ 0.0723
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{012}$	+ 0.2065	— 0.5225	+ 0.0450
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{003}$	+ 0.2342	— 0.2248	+ 0.0189
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{102}$	— 0.1002	— 0.4291	+ 0.0384
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{201}$	+ 0.2817	— 0.5345	+ 0.0681
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{111}$	+ 0.1394	— 0.2258	+ 0.2221

Characteristics of the fourth order referred to the Galactic System.

	$H^{(1)}_{ijk}$	$H^{(2)}_{ijk}$	$H^{(3)}_{ijk}$	$H^{(4)}_{ijk}$	$H^{(5)}_{ijk}$
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{400}$	+ 3.0254	— 0.4460	+ 0.4055	— 1.4478	— 0.0093
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{310}$	— 0.4380	— 0.8189	+ 0.7876	— 0.1650	— 0.0407
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{220}$	+ 3.1079	— 0.6933	+ 0.6480	— 1.2383	— 0.0419
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{130}$	— 0.0254	— 0.5198	+ 0.4640	— 0.1060	— 0.0666
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{040}$	+ 0.7039	— 0.2093	+ 0.1781	— 0.2347	— 0.0076
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{031}$	+ 0.1450	— 0.3332	+ 0.1710	— 0.1180	— 0.0133
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{022}$	+ 1.5975	— 0.3353	+ 0.3259	— 0.5967	— 0.0048
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{013}$	+ 1.2625	— 0.2097	+ 0.1897	— 0.1444	— 0.0080
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{004}$	+ 0.8021	— 0.0627	+ 0.0373	— 0.1538	+ 0.0005
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{103}$	— 0.0197	— 0.0989	+ 0.2084	— 0.1394	+ 0.0004
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{202}$	+ 2.8035	— 0.1891	+ 0.2315	— 1.1692	— 0.0232
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{301}$	— 1.4198	— 0.0882	+ 0.2735	+ 0.2802	— 0.0090
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{211}$	+ 1.2024	— 0.5384	+ 0.4709	— 0.2940	— 0.0697
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{121}$	+ 1.0136	— 0.1207	+ 0.2691	— 0.1859	— 0.0489
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{112}$	— 0.4937	+ 0.0763	+ 0.3475	+ 0.1073	+ 0.0024

22. We now shall tabulate the characteristics for the series of different values of q' used in the preceding chapter. For the higher characteristics we, however, find it superfluous to take along the value $q' = 0.45$. The characteristics then are generally greater than for $q' = 0.6205$. The unit is as before the classbreadth. If we put $\vartheta_1 = 20$ we obtain the characteristics expressed in seconds of arc. We find the characteristics as given in tables IX, X, XI.

TABLE IX.

q'	1.0000	0.8422	0.6205	0.4500
$\vartheta_1^2 N^{(s)}_{200}$	+ 3.3900	+ 2.7004	+ 1.9240	+ 1.2654
$\vartheta_1^2 N^{(s)}_{020}$	+ 1.6104	+ 1.2794	+ 0.8143	+ 0.4567
$\vartheta_1^2 N^{(s)}_{002}$	+ 1.0482	+ 0.8588	+ 0.5927	+ 0.3881
$\vartheta_1^2 N^{(s)}_{110}$	+ 0.1348	+ 0.0436	— 0.0819	— 0.1793
$\vartheta_1^2 N^{(s)}_{101}$	— 0.0993	— 0.1192	— 0.1473	— 0.1689
$\vartheta_1^2 N^{(s)}_{011}$	— 0.0062	— 0.0417	— 0.0916	— 0.1330

TABLE X.

	1.0000	0.8422	0.6205
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{300}$	+ 0.6201	+ 0.0937	— 0.2701
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{210}$	+ 0.7865	+ 0.1988	— 0.1978
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{120}$	+ 0.2577	— 0.0104	— 0.1466
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{030}$	+ 0.4075	+ 0.1220	— 0.0726
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{021}$	+ 0.1923	+ 0.0378	— 0.0549
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{212}$	+ 0.2065	— 0.0014	— 0.1331
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{003}$	+ 0.2342	+ 0.0862	— 0.0227
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{102}$	— 0.1002	— 0.1622	— 0.1731
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{201}$	+ 0.2817	+ 0.0422	— 0.1110
$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{111}$	+ 0.1394	+ 0.0437	+ 0.0310

TABLE XI.

	1.0000	0.8422	0.6205
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{400}$	+ 1.5776	+ 0.0004	— 0.2952
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{310}$	— 0.6030	— 0.3645	+ 0.0807
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{220}$	+ 1.8696	+ 0.1504	— 0.1690
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{130}$	— 0.1314	— 0.1493	+ 0.0247
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{400}$	+ 0.4692	+ 0.0583	— 0.0154
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{031}$	+ 0.0270	— 0.0894	— 0.0314
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{022}$	+ 1.0008	+ 0.1105	— 0.0607
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{013}$	+ 1.1181	+ 0.3232	+ 0.0560
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{004}$	+ 0.6483	+ 0.1671	— 0.0084
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{103}$	— 0.1591	— 0.1011	+ 0.0182
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{202}$	+ 1.6343	+ 0.1560	— 0.2381
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{301}$	— 1.1396	— 0.2920	+ 0.1245
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{211}$	+ 0.9084	+ 0.1518	+ 0.0201
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{121}$	+ 0.8277	+ 0.2351	+ 0.0517
$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{112}$	— 0.3864	— 1.0339	+ 0.1797

23. Before discussing the tables we will derive the β-characteristics. They are

$$\sigma_1^{(s)} = \sqrt{N^{(s)}_{200}}; \qquad \sigma_2^{(s)} = \sqrt{N^{(s)}_{020}}; \qquad \sigma_3^{(s)} = \sqrt{N^{(s)}_{002}};$$

$$r^{(s)}_{12} = \frac{N^{(s)}_{110}}{\sigma_1^{(s)}\,\sigma_2^{(s)}}; \qquad r^{(s)}_{13} = \frac{N^{(s)}_{101}}{\sigma_1^{(s)}\,\sigma_3^{(s)}}; \qquad r^{(s)}_{23} = \frac{N^{(s)}_{011}}{\sigma_2^{(s)}\,\sigma_3^{(s)}};$$

$$\beta^{(s)}_{ijk} = \frac{B^{(s)}_{ijk}}{\sigma_1^{(s)i}\,\sigma_2^{(s)j}\,\sigma_3^{(s)k}}.$$

We see that, save the dispersions σ, *these characteristics are abstract numbers of dimension zero.* They are independent of ϑ_1, and it will be shown later on *that they are practically independent also if ϑ_1 varies with galactic latitude.*

We find the following tables of the β-characteristics for the different q'.

TABLE XII.

q'	1.0000	0.8422	0.6205	0.4500
$\vartheta_1\,\sigma_1^{(s)}$	1.8412	1.6674	1.3870	1.1247
$\vartheta_1\,\sigma_2^{(s)}$	1.2690	1.1308	0.9024	0.6602
$\vartheta_1\,\sigma_3^{(s)}$	1.0238	0.9267	0.7699	0.6230
$r^{(s)}_{12}$	+ 0.058	+ 0.023	— 0.066	— 0.241
$r^{(s)}_{13}$	— 0.053	— 0.077	— 0.138	— 0.242
$r^{(s)}_{32}$	— 0.005	— 0.040	— 0.134	— 0.332

TABLE XIII.

q'	1.0000	0.8422	0.6205	
$\beta^{(s)}_{300}$	+ 0.0993	+ 0.0202	— 0.1012	0.80
$\beta^{(s)}_{210}$	+ 0.1830	+ 0.0603	— 0.1139	0.76
$\beta^{(s)}_{120}$	+ 0.0869	— 0.0044	— 0.1298	0.85
$\beta^{(s)}_{030}$	+ 0.2000	+ 0.0734	— 0.0988	0.74
$\beta^{(s)}_{021}$	+ 0.1166	+ 0.0291	— 0.0876	0.80
$\beta^{(s)}_{012}$	+ 0.1553	— 0.0014	— 0.2488	0.85
$\beta^{(s)}_{003}$	+ 0.2182	+ 0.1083	— 0.0497	0.70
$\beta^{(s)}_{102}$	— 0.0519	— 0.1132	— 0.2106	
$\beta^{(s)}_{201}$	+ 0.0812	+ 0.0164	— 0.0749	0.80
$\beta^{(s)}_{111}$	+ 0.0583	+ 0.0239	+ 0.0322	

TABLE XIV.

q'	1.0000	0.8422	0.6205	
$\beta^{(s)}_{400}$	+ 0.1373	+ 0.0000	— 0.0797	0.84
$\beta^{(s)}_{310}$	— 0.0761	— 0.0663	+ 0.0335	0.66
$\beta^{(s)}_{220}$	+ 0.3423	+ 0.0385	— 0.1079	0.81
$\beta^{(s)}_{130}$	— 0.0349	— 0.0539	+ 0.0242	0.68
$\beta^{(s)}_{040}$	+ 0.1809	+ 0.0296	— 0.0239	0.78
$\beta^{(s)}_{031}$	+ 0.0129	— 0.0580	— 0.0554	0.91
$\beta^{(s)}_{022}$	+ 0.2818	+ 0.0463	— 0.0532	0.79
$\beta^{(s)}_{013}$	+ 0.8211	+ 0.3428	+ 0.1360	
$\beta^{(s)}_{004}$	+ 0.5901	+ 0.2265	— 0.0239	0.64
$\beta^{(s)}_{103}$	— 0.0805	— 0.0761	+ 0.0287	0.71
$\beta^{(s)}_{202}$	+ 0.9682	+ 0.1294	— 0.4932	0.81
$\beta^{(s)}_{301}$	— 0.1783	— 0.0679	+ 0.0606	0.73
$\beta^{(s)}_{211}$	+ 0.2063	+ 0.0497	+ 0.0150	
$\beta^{(s)}_{121}$	+ 0.2727	+ 0.1084	+ 0.0594	
$\beta^{(s)}_{112}$	— 0.1578	— 0.0200	+ 0.2422	0.82

The most remarkable feature of the characteristics is the systematically low values for q' of the order of magnitude 0.8. Evidently the correlation coefficients show nothing new, they are only significant of the variation of the vertex directions for different q'. But it is seen that nearly *all the characteristics of the third and the fourth order change sign for q' between 0.84 and 0.62.* The last column of tables XIII and XIV contains the value of q' for which the characteristic is zero. Some of the characteristics do not change sign for any plausible value of q'. For them the last columns are empty.

Of course nothing definite can be gathered from these figures regarding the true value of q'. There is nothing, to our knowlegde, that forces us to take for q' a value that makes the higher characteristics small, *it is only a very suggestive fact that they will, on the whole, be small if we take a value of q' between 0.7 and 0.8.* *

Besides, other suggestive circumstances can also be found. Computing for instance by the formula (26) of § 6 the coordinates of the mode (the vector of maximum frequency) we find the following values:

* It is also to be noted that the skewness and excess of the radial velocities are found to be small.

q'	1.0000	0.8422	0.6205
X_1	+ 0.3329	— 0.0570	— 0.6440
Y_1	+ 0.9383	+ 0.2791	— 0.6591
Z_1	+ 0.8524	+ 0.3704	— 0.3116

Obviously, for the above values of q', the characteristics are too great to allow the use of the formula (26). But one thing we may conclude, namely that for values of q' about 0.75 the mode will not lie far out of the X-axis. As by $q' = 0.75$ our galactic system of coordinates is nearly coincident with the vertex system we may say: for $q' = 0.75$ the mode will practically lie on the axis toward the principal vertex. Evidently this is required by the two stream-hypothesis.

As one more in a way suggestive fact I will remark that for q' somewhere near 0.75 the total excess E of the small velocity components as given in formula (32**) will disappear.

24. We have just pointed out that for q' about 0.75 the mode vector is directed as required by the two-stream hypothesis. We will here look a little further into the question what our figures have to say about this hypothesis. The two-stream hypothesis requires that the frequency function of stellar motion shall be the addition of two normal »components».

We denote by

n_1 and n_2 the relative number of stars in the two drifts,

α_1 and α_2 the dispersions of the velocities in the two drifts,

m_1 and m_2 the stream velocities relative to the mean velocity of both the drifts.

According to Charlier* we then have for the characteristics of the resultant velocity distribution referred to the vertex system (Compare also our equations (68), (68*), (68**) and (68***)):

$$n_1 + n_2 = 1$$
$$n_1 m_1 + n_2 m_2 = 0$$

$$N_{200} = n_1 \alpha_1^2 + n_2 \alpha_2^2 + n_1 n_2 (m_1 - m_2)^2$$
$$N_{020} = n_1 \alpha_1^2 + n_2 \alpha_2^2$$
$$N_{002} = n_1 \alpha_1^2 + n_2 \alpha_2^2$$
$$N_{110} = 0 \qquad N_{101} = 0 \qquad N_{011} = 0.$$

$$B_{300} = -\tfrac{1}{2} n_1 n_2 (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)(m_1 - m_2) + \tfrac{1}{6} n_1 n_2 (n_1 - n_2)(m_1 - m_2)^3$$
$$B_{120} = -\tfrac{1}{2} n_1 n_2 (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)(m_1 - m_2)$$
$$B_{102} = -\tfrac{1}{2} n_1 n_2 (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)(m_1 - m_2)$$
$$B_{210} = 0 \qquad B_{201} = 0 \qquad B_{021} = 0 \qquad B_{030} = 0 \qquad B_{012} = 0 \qquad B_{003} = 0.$$

* Charlier l. c. pp. 94 and 95.

$$B_{400} = {}^1/_8\, n_1 n_2 (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)^2 - {}^1/_4\, n_1 n_2 (n_1 - n_2)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)(m_1 - m_2)^2 + $$
$$+ {}^1/_{24}\, n_1 n_2 (1 - 6 n_1 n_2)(m_1 - m_2)^4$$
$$B_{220} = B_{202} = B_{022} = {}^1/_4\, n_1 n_2 (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)^2$$
$$B_{040} = B_{004} = {}^1/_8\, n_1 n_2 (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)^2$$
$$B_{310} = B_{301} = B_{130} = B_{103} = B_{031} = B_{013} = 0.$$

Now, firstly, as the ellipsoid is three axial the condition $N_{020} = N_{002}$ is not fulfilled.

For $q' = 0.75$, however, the conditions $B_{030} = B_{003} = B_{210} = B_{201} = 0$ are nearly fullfilled.

The conditions $B_{310} = B_{301} = B_{130} = B_{103} = B_{031} = B_{013} = 0$ cannot be said to be fulfilled, and B_{220}, B_{022} and B_{202} are not as is required positive. B_{004} is, however, positive.

Before going further we will take a look at the values found by EDDINGTON for the characteristics of the two drifts. From his new book »Stellar movements and the structure of the universe» I find that he has found

$$\alpha_1 = \alpha_2 \qquad n_1 = 0.6 \qquad n_2 = 0.4$$

and taking the square dispersion transverse to the relative stream direction as half the unity

$$n_1 \alpha_1^2 + n_2 \alpha_2^2 = 0.5 \qquad m_1 - m_2 = -1.87.$$

Hence we obtain from our formulæ

$$N_{200} = 1.34 \qquad N_{020} = N_{002} = 0.5$$
$$B_{300} = -0.105 \qquad B_{400} = -0.0538$$

and all the other characteristics zero.

As the unities differ from ours we compute the β-characteristics which are independent of the unity. We find

$$\beta_{300} = -0.033 \qquad \beta_{400} = -0.030$$

and the others zero.

For $q' = 0.75$ we obtain from our figures

$$\beta_{300} = -0.028 \qquad \beta_{400} = -0.047$$

which is a very pretty agreement.

To my opinion the results cited from EDDINGTON principally constitute a determination of the skewness and the excess in the vertex direction *, and the above small calculation is, indeed, a determination of the constant q' being strongly in

* To avoid misapprehension I once more call attention to the fact that the results of EDDINGTON, being based on a study of the position angles of the proper motions do not necessarily represent the true distribution of the linear velocities. More strictly they may be said to characterize the distribution of movements in a constructed system of stars giving rise to the observed directions of motion on the sky and as far as then possible having the two-stream property. The results of EDDINGTON are thus »true» in a similar sense as our results if we adopt a value of q' only on account of it making the deviations from the normal distribution as small as possible.

support of the value 0.75. The definite bearing of our figures on the two-stream hypothesis is not to be asserted before we have computed the mean errors in the characteristics. We shall come back to the question in § 30.

25. By the discussions of this chapter it has been made probable that the constant q' has a value about 0.75 The evidence in favour of this value is: The vertices constitute a galactic system as has been found from the radial velocities; the transgalactic axis has the same value as deduced from the radial velocities; the coefficients of the skewness and the excess are small; the skewness and excess of the motions as projected on the principal axis of polarity is the same as found when using the results of Eddington for the two-stream hypothesis. Accordingly we will adopt $q' = 0.75$ for the linear motions of the stars and give the characteristics for this value of q'. Before this, however, we will assert the effect of a variation of the mean parallax ϑ_1 with galactic latitude. In this connection we will also work out the methods to derive the mean errors of the characteristics.

CHAPTER VIII.

The mean errors and the effect of a varying ϑ_1 on the positions of the vertices and the values of the characteristics.

24. We shall in this chapter at some length derive the method to find the mean errors of the characteristics. It is then necessary first to find the mean errors of the characteristics of the motion as projected on a square. This will be the care of this paragraph, which also may be regarded as a supplement to the mathematical theory of the correlation function of the A-type as developed in chapter I.

The problem to find the mean errors of the characteristics of a correlation surface has, though not yet published, been considered by CHARLIER. By his kindness I have had access to a manuscript in which he gives the general formulæ necessary for solving the problem, and the outlines of the treatment of the higher characteristics.

Denoting by $\varepsilon(x)$ the mean error of the quantity x, CHARLIER gives the following general formula for the mean errors of the moments of the correlation surface (N = the number of stars):

(69) $$\varepsilon(N_{l,\,m}) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{N_{2l,\,2m} - N_{l,\,m}^2}.$$

From this formula it follows immediately that

(70) $$\begin{aligned} \varepsilon(N_{20}) &= \frac{N_{20}}{\sqrt{N}} \sqrt{2 + 24\beta_{40}} \\ \varepsilon(N_{11}) &= \frac{\sqrt{N_{20}\, N_{02}}}{\sqrt{N}} \sqrt{1 + r^2 + 4\beta_{22}} \\ \varepsilon(N_{02}) &= \frac{N_{02}}{\sqrt{N}} \sqrt{2 + 24\beta_{04}}. \end{aligned}$$

In the following we will confine ourselves to *the case that the distribution is nearly normal.* We then have

$$
\begin{aligned}
\varepsilon(N_{20}) &= \sqrt{2}\,\frac{N_{20}}{\sqrt{N}} \\
(71) \qquad \varepsilon(N_{11}') &= \frac{1}{\sqrt{N}}\sqrt{N_{20}N_{02}+N_{11}^2} \\
\varepsilon(N_{02}) &= \sqrt{2}\,\frac{N_{02}}{\sqrt{N}},
\end{aligned}
$$

and, furthermore, the moments $N_{l,m}$ and $N_{2l,\,2m}$ may be expressed in terms of N_{20}, N_{11}, N_{02}. As we wish to find the mean errors of the moments and characteristics to the fourth order we must needs find the expressions for the above moments to the eighth order. To the fourth order they are already given in formulæ (14) and (15). For the sixth and eighth orders I use the following method. *

Putting as in § 14

$$
\delta_1 = \begin{vmatrix} A_1, & F_1 \\ F_1, & B_1 \end{vmatrix}
$$

we know that

$$
(72) \qquad \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} dx\,dy\; e^{-\frac{1}{2}(A_1x^2+B_1y^2+2F_1xy)} = \frac{1}{\delta_1^{1/2}}.
$$

By differentiating this equation three and four times with regard to the para meters A_1, B_1, F_1, and multiplying with $\delta^{1/2}$, all the moments of the sixth resp eighth order come forth. We obtain, taking note of equations (28*) and (29):

$$
(73) \qquad
\begin{aligned}
N_{60} &= 15N_{20}^3 \\
N_{51} &= 15N_{20}^2 N_{11} \\
N_{42} &= 3N_{20}^2 N_{02} + 12N_{20} N_{11}^2 \\
N_{33} &= 9N_{20} N_{02} N_{11} + 6N_{11}^3 \\
N_{24} &= 3N_{02}^2 N_{20} + 12N_{02} N_{11}^2 \\
N_{15} &= 15N_{02}^2 N_{11} \\
N_{06} &= 15N_{02}^3,
\end{aligned}
$$

$$
(73^*) \qquad
\begin{aligned}
N_{80} &= 105N_{20}^4 \\
N_{62} &= 15N_{20}^3 N_{02} + 90N_{20}^2 N_{11}^2 \\
N_{44} &= 9N_{20}^2 N_{02}^2 + 72N_{20} N_{02} N_{11}^2 + 24N_{11}^4 \\
N_{26} &= 15N_{20} N_{02}^3 + 90N_{02}^2 N_{11}^2 \\
N_{08} &= 105N_{02}^4,
\end{aligned}
$$

and the remaining moments of the eighth order, which are not needed here, are as easily derived.

Introducing these expressions into equation (69) and remembering the formulæ (14) and (15) we get

---

* Compare § 4.

(74)
$$\varepsilon(N_{30}) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{15 N_{20}^3}$$
$$\varepsilon(N_{21}) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{3 N_{20}^2 N_{02} + 12 N_{20} N_{11}^2}$$
$$\varepsilon(N_{12}) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{3 N_{20} N_{02}^2 + 12 N_{02} N_{11}^2}$$
$$\varepsilon(N_{03}) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{15 N_{02}^3}$$

(74*)
$$\varepsilon(N_{40}) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{96 N_{20}^4}$$
$$\varepsilon(N_{31}) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{15 N_{20}^3 N_{02} + 81 N_{20}^2 N_{11}^2}$$
$$\varepsilon(N_{22}) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{8 N_{20}^2 N_{02}^2 + 68 N_{20} N_{02} N_{11}^2 + 20 N_{11}^4}$$
$$\varepsilon(N_{13}) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{15 N_{20} N_{02}^3 + 81 N_{02}^2 N_{11}^2}$$
$$\varepsilon(N_{04}) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{96 N_{02}^4}.$$

By the equations (16) we now have immediately

(75)
$$\varepsilon(B_{30}) = \frac{1}{6\sqrt{N}} \sqrt{15 N_{20}^3}$$
$$\varepsilon(B_{21}) = \frac{1}{2\sqrt{N}} \sqrt{3 N_{20}^2 N_{02} + 12 N_{20} N_{11}^2}$$
$$\varepsilon(B_{12}) = \frac{1}{2\sqrt{N}} \sqrt{3 N_{20} N_{02}^2 + 12 N_{02} N_{11}^2}$$
$$\varepsilon(B_{03}) = \frac{1}{6\sqrt{N}} \sqrt{15 N_{02}^3}$$

by which the mean errors of the third characteristics of a nearly normal correlation surface are given. For the β-characteristics we have

(76)
$$\varepsilon(\beta_{30}) = \frac{\sqrt{15}}{6\sqrt{N}} = \varepsilon(\beta_{03})$$
$$\varepsilon(\beta_{21}) = \frac{1}{2\sqrt{N}} \sqrt{3 + 12 r^2} = \varepsilon(\beta_{12}).$$

As the skewness in x is $S_x = 3\beta_{30}$ we have the well known formula

$$\varepsilon(S_x) = \varepsilon(S_y) = \frac{\sqrt{3.75}}{\sqrt{N}} = \frac{1.936492}{\sqrt{N}}.$$

The mean errors of the characteristics of the fourth order it is somewhat more complicate to derive as they are compound functions of the moments. The method proposed by CHARLIER is the following:

If by $\nu_{11}(x_1, x_2)$ we denote the mean of the quantity $x_1 x_2$ we have for the mean error of the function $h(x_1, x_2, x_3, \ldots x_s)$

$$\varepsilon(h) = \sqrt{\sum_{i=1}^{s} \left(\frac{\partial h}{\partial x_i}\right)^2 \varepsilon(x_i)^2 + 2 \sum_{i,j=1}^{s} \frac{\partial h}{\partial x_i} \frac{\partial h}{\partial x_j} \nu_{11}(x_i, x_j)}. \tag{77}$$

Now by the fourth characteristics the moments of the fourth and second orders play the part of the quantities $x_1, x_2, \ldots x_s$ in the above function h. Thus we get the mean errors of the fourth characteristics expressed in terms of the second moments, the mean errors of the fourth and second moments and the ν_{11} of these moments. These mean errors are taken from equations (71) and (74) and for the quantity ν_{11} between two moments CHARLIER gives the general formula

$$\nu_{11}(N_{pq}, N_{p'q'}) = \frac{1}{N} (N_{p+p'\, q+q'} - N_{pq} N_{p'q'}). \tag{78}$$

Now by the formula (17), (71), (74*), (77) and (78) we obtain

$$\begin{aligned}
\varepsilon(B_{40}) &= \frac{1}{24\sqrt{N}} \sqrt{24N_{20}^4} \\
\varepsilon(B_{31}) &= \frac{1}{6\sqrt{N}} \sqrt{6N_{20}^3 N_{02} + 18N_{20}^2 N_{11}^2} \\
\varepsilon(B_{22}) &= \frac{1}{4\sqrt{N}} \sqrt{4N_{20}^2 N_{02}^2 + 16N_{20} N_{02} N_{11}^2 + 4N_{11}^4} \\
\varepsilon(B_{13}) &= \frac{1}{6\sqrt{N}} \sqrt{6N_{20} N_{02}^3 + 18N_{02}^2 N_{11}^2} \\
\varepsilon(B_{04}) &= \frac{1}{24\sqrt{N}} \sqrt{24N_{02}^4}
\end{aligned} \tag{75*}$$

and for the β-characteristics

$$\begin{aligned}
&\varepsilon(\beta_{40}) = \frac{1}{\sqrt{24N}} = \varepsilon(\beta_{04}) \qquad \varepsilon(\beta_{22}) = \frac{1}{4\sqrt{N}} \sqrt{4 + 16r^2 + 4r^4} \\
&\varepsilon(\beta_{31}) = \frac{1}{6\sqrt{N}} \sqrt{6 + 18r^2} = \varepsilon(\beta_{13})
\end{aligned} \tag{76*}$$

As the excess in x is $E_x = 3\beta_{40}$ and similarly for y we again come back to a well known formula viz:

$$\varepsilon(E_x) = \varepsilon(E_y) = \frac{\sqrt{0.375}}{\sqrt{N}} = \frac{0.612372}{\sqrt{N}}.$$

25. Now, to derive the mean errors of the characteristics of the motion in space computed for, say, the galactic system of coordinates we may proceed by a method similar to that generally in use for least squares solutions. Let us by $\xi_p^{(i)}$ denote a characteristic of the i:th order referred to the galactic system. It is clear that by a least squares solution the values found for the characteristics $\xi_p^{(i)}$ are the same whether we apply the solution to equations of condition connecting the squares with the galactic system directly, or, as has actually been done, first go by the system of the equator. Furthermore we should have found the same values of $\xi_p^{(i)}$ if the squares had been chosen equally symmetrical to the galactic plane as the actual squares to the equator. Then we should also have obtained normal equations for the $\xi_p^{(i)}$ having the same left membra as those of Chapter VI, as these membra depend only on the direction cosines of the squares.

We shall suppose that we have applied the least squares method to such a galactic system of squares, which, to avoid confusion, we will call the g-squares. Then between each g-square and the galactic system of coordinates we have equations of condition of the form:

(79)
$$\begin{aligned}
&\vartheta^i_1(a^{(i)}_{11}\xi^{(i)}_1 + a^{(i)}_{12}\xi^{(i)}_2 + a^{(i)}_{13}\xi^{(i)}_3 + + \dots + a^{(i)}_{1r}\xi^{(i)}_r) = \eta^{(i)}_1 \\
&\vartheta^i_1(a^{(i)}_{21}\xi^{(i)}_1 + a^{(i)}_{22}\xi^{(i)}_2 + a^{(i)}_{23}\xi^{(i)}_3 + + \dots + a^{(i)}_{2r}\xi^{(i)}_r) = \eta^{(i)}_2 \\
&- - - - - - - - - - - - - - - \\
&- - - - - - - - - - - - - - - \\
&\vartheta^i_1(a^{(i)}_{s1}\xi^{(i)}_1 + a^{(i)}_{s2}\xi^{(i)}_2 + a^{(i)}_{s3}\xi^{(i)}_3 + + \dots + a^{(i)}_{sr}\xi^{(i)}_r) = \eta^{(i)}_s .
\end{aligned}$$

Having adopted a value of q', the $\eta^{(i)}_q$ are the »observed» characteristics of the linear * motion as projected on the g-square. Naturally by the multinomial theorem we have

$$r = \frac{3 \cdot 4 \cdot 5 \dots (3 + i - 1)}{\underline{|i}} \qquad s = \frac{2 \cdot 3 \cdot 4 \dots (2 + i - 1)}{\underline{|i}} .$$

On account of the choice of the g-squares the coefficients $a^{(i)}_{jk}$ are the same as the coefficients tabulated in tables II, III and IV so that:

(80)
$$\begin{aligned}
&a^{(2)}_{1k} = \alpha_k ; \quad a^{(2)}_{2k} = \beta_k ; \quad a^{(3)}_{3k} = \gamma_k , \\
&a^{(3)}_{1k} = a_k ; \quad a^{(3)}_{2k} = b_k ; \quad a^{(3)}_{3k} = c_k ; \quad a^{(3)}_{4k}\ d_k , \\
&a^{(4)}_{1k} = a'_k ; \quad a^{(4)}_{2k} = b'_k ; \quad a^{(4)}_{3k} = c'_k ; \quad a^{(4)}_{4k} = d'_k ; \quad a^{(4)}_{5k} = e'_k .
\end{aligned}$$

The normal equations are now the same as in Chapter VI. A glance at them will show that, with an approximation sufficient for our purposes, we may write them

(81)
$$\vartheta^i_1 [a_{1p} a_{1p}] \xi^{(i)}_p = [a_{1p} \eta^{(i)}_1] .$$

Here

$$[a^2_{1p}] = \Sigma (a^2_{1p} + a^2_{2p} + a^2_{3p} + a^2_{sp}), \quad [a_{1p}\eta^{(i)}_1] = \Sigma (a_{1p}\eta^{(i)}_1 + a_{2p}\eta^{(i)}_2 \dots a_{sp}\eta^{(i)}_s),$$

the sum being taken over all the squares **.

---

* By the linear motion of a square we then mean the angular motion of a star placed at a distance corresponding to the mean parallax of the square.

** The index (i) of the a_{jp} is here omitted for the sake of convenience.

According to (77) the sought mean errors of the characteristics will be

(82) $$[a_{1p}\, a_{1p}]\; \varepsilon\, (\vartheta_1^{(i)} \xi_p^{(i)})^2 = \frac{[a_{1p}^2\, \varepsilon\, (\eta_1^{(i)})^2] + 2 \sum a_{qp}\, a_{q_1 p}\, \nu_{11}\, (\eta_q^{(i)}, \eta_{q_1}^{(i)})}{[a_{1p}\, a_{1p}]}\,.$$

In the method of least squares the »observations» $\eta_q^{(i)}$ are generally supposed to be independent of each other so that the last term in the right membrum disappears. Furthermore, if weights of the form

$$w_q^{(i)} = \frac{\mu^{(i)\,2}}{\varepsilon\, (\eta_q^{(i)})^2}$$

had been applied to the equations (79) the formula (82) would take the familiar form

(82*) $$[w\, a_{1p}\, a_{1p}]\; \varepsilon\, (\vartheta_1^i\, \xi_p^{(i)})^2 = \mu^{(i)\,2}\,.$$

Now, the mathematical treatment of the questions connected with finding the mean errors is brought to an end, a treatment, which for the sake of completeness I have considered appropriate to carry out at some length. Evidently the numerical determinations may be taken more in a way to obtain only the order of magnitude. The question is then only: which are the values to be assigned to the quantities $\mu^{(i)}$, which are a sort of general mean errors of the characteristics of the i:th order in a g-square?

Denoting by γ_{ij} the direction cosines of a g-square we have for the second moments in the square the equations

(83) $$\begin{aligned} N_{20} &= \gamma_{11}^2\, N_{200}^{(s)} + \gamma_{21}^2\, N_{020}^{(s)} \\ N_{02} &= \gamma_{12}^2\, N_{200}^{(s)} + \gamma_{22}^2\, N_{020}^{(s)} + \gamma_{32}^2\, N_{002}^{(s)} \\ N_{11} &= \gamma_{11}\, \gamma_{12}\, (N_{200}^{(s)} - N_{020}^{(s)}), \end{aligned}$$

and denoting by β and λ galactic latitude and longitude we have

$\gamma_{11} = -\sin\lambda,\quad \gamma_{21} = \cos\lambda,\quad \gamma_{12} = -\sin\beta\cos\lambda,\quad \gamma_{22} = -\sin\beta\sin\lambda,\quad \gamma_{32} = \cos\beta.$

Putting $q' = 0.75$ we see from the following chapter that

$$\vartheta_1^2\, N_{200}^{(s)} = 2.4243 \qquad \vartheta_1^2\, N_{020}^{(s)} = 1.0860 \qquad \vartheta_1^2\, N_{002}^{(s)} = 0.7482\,.$$

Now $\gamma_{11}\,\gamma_{12}$ is the coefficient γ_1 of table II, which we see is generally small, never exceeding the value 0.3368.

Hence N_{11} is always smaller than 0.45 and generally much smaller. Compared to N_{20} and N_{02} we will neglect the effect of N_{11}. For N_{20} and N_{02} we will take their mean values which are obtained by multiplying the equations (83) with $\cos\beta d\lambda\, d\beta$ and integrating over the whole sphere.

Thus we find

$$\begin{aligned} \vartheta_1^2\, M(N_{20}) &= {}^1/_2\, \vartheta_1^2\, (N_{200}^{(s)} + N_{020}^{(s)}) = 1.75 \\ \vartheta_1^2\, M(N_{02}) &= {}^1/_6\, \vartheta_1^2\, (N_{200}^{(s)} + N_{020}^{(s)} + 4\, N_{002}^{s}) = 1.08 \end{aligned}$$

and the mean number of stars in a square

$$N = \frac{4041}{24} = 169.$$

As by $q' = 0.75$ the distribution is not far from normal we may use the equations (71), (75) and (75*), and obtain for the order of magnitude of the mean error in a g-square

$\vartheta_1^2 \varepsilon(N_{20}) = 0.19$; $\vartheta_1^2 \varepsilon(N_{11}) = 0.11$; $\vartheta_1^2 \varepsilon(N_{02}) = 0.12$,
$\vartheta_1^3 \varepsilon(B_{30}) = 0.11$; $\vartheta_1^3 \varepsilon(B_{21}) = 0.12$; $\vartheta_1^3 \varepsilon(B_{12}) = 0.10$; $\vartheta_1^3 \varepsilon(B_{03}) = 0.06$,
$\vartheta_1^4 \varepsilon(B_{40}) = 0.05$; $\vartheta_1^4 \varepsilon(B_{31}) = 0.07$; $\vartheta_1^4 \varepsilon(B_{22}) = 0.07$; $\vartheta_1^4 \varepsilon(B_{13}) = 0.05$; $\vartheta_1^4 \varepsilon(B_{04}) = 0.02$.

As adequate values we now take

$$\mu^{(2)} = 0.15$$
$$\mu^{(3)} = 0.10$$
$$\mu^{(4)} = 0.05$$

and have from (82*)

$$\varepsilon\,(\xi_p^{(i)}\,\vartheta_1^i) = \frac{\mu^{(i)}}{\sqrt{[a_{1p}\,a_{1p}]}},$$

where for $[a_{1p}\,a_{1p}]$ we have to take the coefficient of the characteristic $\xi_p^{(i)}$ in the normal equations of Chapter VI.

26. Of far greater importance than the mean errors are the *systematic* errors that may come forth by a systematic variation of the parameters q' and ϑ_1 in the several squares. As to the parameter q' we have at present no means to ascertain its variation. By ϑ_1 the matter is more ripe and we shall in the next paragraph try to determine its probable *variation with galactic latitude*. First we shall, however, deduce the formulæ of correction to be applied after having found the amount of the variation. This we are in a position to do by the equations of the preceding paragraph.

We denote by $\vartheta_1(\beta)$ the value of ϑ_1 in regions of the galactic latitude β. The g-squares now form rings of equal galactic latitude, in which $\vartheta_1(\beta)$ is assumed to be constant. By index β denoting that only the ring of squares having the latitude β is used we obtain from each ring normal equations of the approximate form

$$\vartheta^i_{1(\beta)}\,[a_{1p}^{(i)}\,a_{1p}^i]_\beta\,\xi_p^{(i)} = [a_{1p}^{(i)}\,\eta_1^{(i)}]_\beta\,.$$

Taking the sum for all the rings we obtain normal equations of the form

$$\xi_p^{(i)}\,\Sigma\,\vartheta^i_{1(\beta)}\,[a_{1p}^{(i)}\,a_{1p}^{(i)}]_\beta = [a_{1p}^{(i)}\,\eta_1^{(i)}]\,.$$

Putting

$$\Sigma\,\vartheta^i_{1(\beta)}\,[a_{1p}^{(i)}\,a_{1p}^{(i)}]_\beta = (\vartheta_1^i)_p\,[a_{1p}^{(i)}\,a_{1p}^{(i)}] \tag{84}$$

we come back to our old form

$$[a_{1p}^{(i)}\,a_{1p}^{(i)}]\,(\vartheta_1^i)_p\,\xi_p^{(i)} = [a_{1p}^{(i)}\,\eta_1^{(i)}]\,,$$

save for the circumstance that we here have the »mean» values $(\vartheta_1^i)_p$ instead of ϑ_1. By ϑ_1 denoting the mean parallax of the whole heavens as deduced by comparing

the »angular» velocity of the sun $\vartheta_1 S$ with the linear velocity found from the radial motions, we put

$$(H^i)_p = \frac{(\vartheta_1^i)_p}{\vartheta_1^i}. \tag{84*}$$

Accordingly we correct for the variation of ϑ_1 with galactic latitude by multiplying our values found for $\vartheta_1^i\, \xi_p^{(i)}$ by the factor $\frac{1}{(H^i)_p}$.

The values thus corrected will be the true values of $\vartheta_1^i\, \xi_p^{(i)}$ in as much as they before were faulty on account of the variation.

Now we may at once ascertain the effect of the variation on the vertices. If the vertices coincide with the galactic system of coordinates, which is nearly the case, the moments $N_{110}^{(s)}$ $N_{101}^{(s)}$ and $N_{011}^{(s)}$ are all zero. The factoreal correction cannot change them and accordingly the vertices will not be displaced. The same may be shown to be the case if the two axes of the ellipsoid lie in the plane of the Milky Way without necessarily coinciding with our specially chosen galactic system of coordinates. Shortly we may state that *if one axis points toward or in the vicinity of the pole of the Milky Way the vertices will be unaffected or nearly unaffected by the variation of ϑ_1 with galactic latitude.*

It will be of interest to see how the vertices are affected when not forming a galactic system, as is the case for low values of q'. The principal vertex, as is seen from table VII and fig. 1, will never move out of the Milky Way, since when q' decreases it moves nearly along that plane. It will therefore be very little changed by a correction for a varying ϑ_1. Now we have found the shortest axis most near the galactic pole. For such values of q' as make its polar distance sensible the correction for a ϑ_1 growing with galactic latitude will increase that distance, so that the effect will be a rotation of the ellipsoid about the principal axis in a retrograde direction. A variation in ϑ_1, great enough to exchange the ratio of the two smaller axes, will produce the effect that the *medium* axis comes up in the vicinity of the pole. Indeed, it seems, as I have found by a rough computation, as if even for $q' = 0.6$ a variation of ϑ_1, great enough to make the ratio of the axes the same as found from the radial velocities, would make the medium axis point very near to the galactic pole, a fact that I consider to be of great interest.

The facts above stated are found by reasoning in the following way. Taking a galactic system of coordinates having its X-axis directed toward the principal vertex the polar distance φ of the transgalactic axis is given by the formula

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2N_{011}}{N_{020} - N_{002}}, \qquad (\text{uncorrected } N_{020} > N_{002})$$

and as the correction for a ϑ_1 growing with galactic latitude evidently decreases and finally even changes the sign of the difference $N_{020} - N_{002}$ the above statements are easily verified.

As regards the effect on the *Apex* it is easily concluded that the correction will tend to increase the transgalactic component of solar motion relative to the components in the Galaxy. Thus the Apex is found too near the plane of the Milky Way when the variation is not taken into account, a fact that has recently been pointed out by EDDINGTON.

By the actual determination of the correction factors $^1/(H^i)p$ we will assume that ϑ_1 has two values, one value in the Galaxy and another out of the Galaxy. The ratio of the latter to the former we denote by H. Further we assume the galactic ϑ_1 to belong to a belt 30° wide on either side of the plane of the Milky Way, that is the ring of the C—g-squares. The other value we accordingly have in the regions of less than 60° polar distance, that is the A- and B—g-squares.

Denoting the sum $[a_{1p}^{(i)}\, a_{1p}^{(i)}]$ by $S^{(i)}$ we have by (84) the equation

$$(\vartheta_1^i)_p = \frac{S_{AB}^{(i)} \cdot H^i + S_C^{(i)}}{S^{(i)}} \vartheta_1^i(C).$$

Putting

$$\frac{\vartheta_1(C)}{\vartheta_1} = k \qquad \frac{S_{AB}^{(i)}}{S^{(i)}} = s_{AB}^{(i)} \qquad \frac{S_C^{(i)}}{S^{(i)}} = s_C^{(i)}$$

we obtain

(85) $$(H^i)_p = (s_{AB}^{(i)}\, H^i + s_C^{(i)}) k^i.$$

TABLE XV.

	$s_{AB}^{(2)}$	$s_C^{(2)}$		$s_{AB}^{(3)}$	$s_C^{(3)}$		$s_{AB}^{(4)}$	$s_C^{(4)}$
$N_{200}^{(s)}$	0.61	0.39	$B_{300}^{(s)}$	0.56	0.44	$B_{400}^{(s)}$	0.74	0.26
$N_{110}^{(s)}$	0.63	0.37	$B_{210}^{(s)}$	0.52	0.48	$B_{310}^{(s)}$	0.88	0.12
$N_{020}^{(s)}$	0.61	0.39	$B_{120}^{(s)}$	0.52	0.48	$B_{220}^{(s)}$	0.90	0.10
			$B_{030}^{(s)}$	0.56	0.44	$B_{130}^{(s)}$	0.88	0.12
$N_{011}^{(s)}$	0.52	0.48				$B_{040}^{(s)}$	0.74	0.26
$N_{101}^{(s)}$	0.52	0.48	$B_{201}^{(s)}$	0.43	0.57			
			$B_{021}^{(s)}$	0.43	0.57	$B_{301}^{(s)}$	0.50	0.50
$N_{002}^{(s)}$	0.19	0.81	$B_{111}^{(s)}$	0.37	0.63	$B_{031}^{(s)}$	0.50	0.50
						$B_{211}^{(s)}$	0.63	0.37
			$B_{102}^{(s)}$	0.25	0.75	$B_{121}^{(s)}$	0.63	0.37
			$B_{012}^{(s)}$	0.25	0.75			
						$B_{202}^{(s)}$	0.29	0.71
			$B_{003}^{(s)}$	0.11	0.89	$B_{022}^{(s)}$	0.29	0.71
						$B_{112}^{(s)}$	0.27	0.73
						$B_{103}^{(s)}$	0.15	0.85
						$B_{013}^{(s)}$	0.15	0.85
						$B_{004}^{(s)}$	0.06	0.94

The quantities $S^{(i)}$ we have already computed in the course of the preparation of the normal equations. Hence the coefficients $s^{(i)}$ are easily found. They are tabulated in table XV, in which the entries are the characteristics to be corrected by equation (85).

27. In order to gain an opinion of the amount of variation in ϑ_1 we will make a comparison between the mean velocity components x_0 and y_0 in the actual squares and the components of the solar motion $\vartheta_1 S$ found from the whole heavens.

The coordinates of a square being α and δ and of apex being A and D we have for the components of $\vartheta_1 S$ in the square

$$x_0' = -\vartheta_1 S \cos D \,.\, \sin(A - \alpha)$$
$$y_0' = -\vartheta_1 S(\sin D \cos \delta - \sin \delta \cos D \cos(A - \alpha)).$$

As $A = 273^0$ $D = 32^0$ we may write

$$x_0' = \vartheta_1 S \gamma_{21} \cos 32^0$$
$$y_0' = \vartheta_1 S(\gamma_{22} \cos 32^0 - \gamma_{32} \sin 32^0).$$

On page 45 we have found the value $\vartheta_1 S = 1.0275$. Using this value we find x_0' and y_0' as given in the first and third columns of table XVI. The second and fourth columns contain the observed values x_0 and y_0. Taking the velocity of the sun $S = 19.4$ km we found

$$\vartheta_1 = 0.052$$

and using that value we have in the fifth and sixth columns tabulated the quantities

$$\vartheta_1(x) = \frac{x_0}{x_0'}\,\vartheta_1 \qquad\qquad \vartheta_1(y) = \frac{y_0}{y_0'}\,\vartheta_1$$

TABLE XVI.

	x_0'	x_0	y_0'	y_0	$\vartheta_1(x)$	$\vartheta_1(y)$
A_1	0.000	+ 0.180	— 0.956	— 0.625	—	0.034
A_2	0.000	+ 0.047	+ 0.766	+ 0.871	—	0.059
B_1	+ 0.831	+ 0.697	— 0.577	— 0.573	0.043	0.051
B_2	+ 0.514	+ 0.509	— 0.887	— 0.745	0.051	0.044
B_3	0.000	+ 0.161	— 1.004	— 0.969	—	0.050
B_4	— 0.514	— 0.492	— 0.887	— 0.671	0.050	0.040
B_5	— 0.831	— 0.992	— 0.577	— 0.638	0.062	0.057
B_6	— 0.831	— 0.707	— 0.194	— 0.245	0.044	0.065
B_7	— 0.514	— 0.744	+ 0.115	+ 0.225	0.075	(0.101)
B_8	0.000	+ 0.180	+ 0.234	+ 0.298	—	0.066
B_9	+ 0.514	+ 0.496	+ 0.115	— 0.019	0.050	—
B_{10}	+ 0.831	+ 0.658	— 0.194	— 0.153	0.041	0.041
C_1	+ 0.844	+ 0.744	— 0.585	— 0.663	0.046	0.059
C_2	+ 0.618	+ 0.781	— 0.683	— 0.775	0.066	0.059
C_3	+ 0.226	+ 0.492	— 0.740	— 0.708	(0.112)	0.050
C_4	— 0.226	— 0.249	— 0.740	— 0.698	0.057	0.049
C_5	— 0.618	— 0.752	— 0.683	— 0.961	0.063	0.073
C_6	— 0.844	— 0.838	— 0.585	— 0.632	0.051	0.056
C_7	— 0.844	— 0.789	— 0.472	— 0.403	0.048	0.044
C_8	— 0.618	— 0.834	— 0.374	— 0.576	0.070	0.080
C_9	— 0.226	— 0.249	— 0.318	— 0.322	0.057	0.052
C_{10}	+ 0.226	+ 0.320	— 0.318	— 0.198	0.073	0.032
C_{11}	+ 0.618	+ 0.622	— 0.374	— 0.474	0.052	0.066
C_{12}	+ 0.844	+ 1.033	— 0,472	— 0.164	0.063	(0.018)

Now, of course, the value of ϑ_1 does not vary so much from square to square as the quantities $\vartheta_1(x)$ and $\vartheta_1(y)$, which is clearly seen from the fact that $\vartheta_1(x)$ and $\vartheta_1(y)$ are generally not more equal to each other in the same square than in different squares. Most of the variation is to be attributed to the mean errors in x_0 and y_0. These are

$$\varepsilon(x_0) = \frac{\sqrt{\nu_{20}}}{\sqrt{N}} \qquad \varepsilon(y_0) = \frac{\sqrt{\nu_{02}}}{\sqrt{N}}$$

and on the whole they lie between the limits 0.15 and 0.05. As seen from the table the differences $x_0' - x_0$, and $y_0' - y_0$ generally are of the same order of magnitude as the mean errors, and consequently no weight can be attached to the values of $\vartheta_1(x)$ and $\vartheta_1(y)$ of the individual squares. The question is, however, not so hopeless when we seek for *systematical* variations.

Taking together the squares with respect to their galactic position we find:

Squares within 30° of the Galaxy

C_{10}, B_9, B_{10}, B_1, B_2, B_3 C_4 (C_3 excluded)

$$\left.\begin{aligned}\text{Mean } \vartheta_1(x) &= 0.052^*\\ \text{Mean } \vartheta_1(y) &= 0.045\end{aligned}\right\} \text{Mean } \vartheta_1 = 0.049$$

Squares partly within 30° of the Galaxy

C_9, B_8, A_1, A_2, C_{11}

$$\left.\begin{aligned}\text{Mean } \vartheta_1(x) &= 0.055\\ \text{Mean } \vartheta_1(y) &= 0.055\end{aligned}\right\} \text{Mean } \vartheta_1 = 0.055$$

Squares without 30° of the Galaxy

C_6, C_7, C_8, B_5, B_6, C_{12}, C_1, C_2, B_4, C_5. (B_7 excluded).

$$\left.\begin{aligned}\text{Mean } \vartheta_1(x) &= 0.058\\ \text{Mean } \vartheta_1(y) &= 0.059\end{aligned}\right\} \text{Mean } \vartheta_1 = 0.059$$

From these figures we see that the propable variation is of a magnitude to make $H = \frac{0.059}{0.049} = 1.2$. The fact that the variation comes out independently from the x_0 and y_0 components strengthens the probability of this value, which in it self is very plausible.

For the value of k we obtain

$$k = \frac{0.049}{0.052} = 0.94.$$

For the factor of correction for the second characteristics we now obtain from (85)

$$(H^2)_p = (s^{(2)}_{A,\,B}\,(1.2)^2 + s^{(2)}_{C})\ (0.94)^2,$$

which gives, using table XV,

---

* On account of our having neglected 3° in the right ascension of the Apex this value is slightly too great.

$$(H^2)_{200} = 1.12 \qquad (H^2)_{110} = 1.13 \qquad (H^2)_{020} = 1.12$$
$$(H^2)_{011} = 1.08 \qquad (H^2)_{101} = 1.08 \qquad (H^2)_{002} = 0.95$$

Now each of the second characteristics $\vartheta_1{}^2 N^{(s)}_{ijk}$ shall be multiplied by the factor $\frac{1}{(H^2)_{ijk}}$ to be corrected for the probable variation of ϑ_1.

It will be seen that the ratio of the shortest axis to the two galactic axes will be greatened by a factor equal to $\sqrt{1.17}$. As the ratio of the two smaller axes amounts to about 0.83 we will have a corrected ratio of about 0.90. It will be of interest to see what may be the mean error of this ratio. We have approximatively

$$\varepsilon^2\left(\frac{N^{(s)}_{002}}{N^{(s)}_{020}}\right) = \left(\frac{1}{N^{(s)}_{020}}\right)^2 \varepsilon^2(N^{(s)}_{002}) + \left(\frac{N^{(s)}_{002}}{N^{(s)}_{020}}\right)^2 \varepsilon^2(N^{(s)}_{020}),$$

and as we shall in the next chapter find that

$$\vartheta_1{}^2\, \varepsilon(N^{(i)}_{020}) = 0.04 = \vartheta_1{}^2\, \varepsilon(N^{(s)}_{002}),$$

we see that

$$\varepsilon\left(\frac{N^{(s)}_{002}}{N^{(s)}_{020}}\right) = 0.056.$$

Calling the ratio of the two smaller axes for ρ we find

$$\rho = 0.90 \pm 0.028$$

Accordingly we conclude that even after correcting for the probable value of the variation of ϑ_1 with galactic latitude *we cannot regard the ellipsoid as an ellipsoid of revolution, though the excentricity in sections transverse to the major axis is small.*

A question of some interest in this connection is, what is the value of H required to make the ellipsoid of the same form as found from the radial velocities? Now the answer to this question depends on what value we adopt for q'. It is true that a unique solution giving H and q' is possible to obtain, but the solution of q' is very unsharp. The points will be seen clearly in the following treatment. We have from § 21, dividing by $\vartheta_1{}^2$

$$(H^2)_{200}\, N^{(s)}_{200} = 1380.6\, q' - 169.0$$
$$(H^2)_{020}\, N^{(s)}_{020} = 749.6\, q' - 174.1$$
$$(H^2)_{002}\, N^{(s)}_{002} = 429.0\, q' - 54.3$$

As by a pure galactic variation of ϑ_1 we have $(H^2)_{200} = (H^2)_{020}$ we might solve for the three unknowns $(H^2)_{200}$, $(H^2)_{002}$ and q', inserting for the $N^{(s)}_{ijk}$ the values found by GYLLENBERG from the radial velocities. Referred to a system of coordinates very close to our system III GYLLENBERG has found values that, when means are taken for the spectral types A, F and G, give

$$N_{200} = 449.4 \qquad N_{020} = 176.9 \qquad N_{002} = 306.3$$

We now find

$$x = (H^2)_{200} = 3.07\,q' - 0.37$$
(86) $$x = (H^2)_{020} = 4.24\,q' - 0.98$$
$$y = (H^2)_{002} = 1.40\,q' - 0.18$$

The rigorous solution is

$$q' = 0.52 \qquad x = 1.23 \qquad y = 0.36$$

which gives especially an absurdedly low value of $y = (H^2)_{002}$. From equations (85) we now find for H and k the equations

$$1.23 = k^2(0.61\,H^2 + 0.39)$$
$$0.36 = k^2(0.19\,H^2 + 0.81),$$

which give an imaginary value of H. This is in itself nothing surprising, it only means that with such values of x and y as above it is an absurdity to assume one value of ϑ_1 to be common for galactic latitude less than 30^0 and another value to be common for the rest of the sky. But as before said the rigorous solution of the equations (86) is illusory. Taking $q' = 0.75$ we find

$$(H^2)_{200} = 1.93 \qquad (H^2)_{020} = 2.10 \qquad (H^2)_{002} = 0.87$$

by which it is seen that here also we may regard $(H^2)_{200}$ and $(H^2)_{020}$ as equal, a thing that accentuates the fact that a solution for q' here is quite unsharp, even if at any price we should require the ellipsoids of the cross-motion and radial motion to coincide. Evidently the assumption on which the equation (85) is based is still insufficient with the above values of the $(H^2)_{ijk}$, but we may conclude that *in order to make the dispersions of stellar motion along the axes of system III compatible with the values found from the radial velocities we should have to assume that the mean parallax of the stars brighter than 6.o in the galactic polar regions is about double the mean parallax of the stars in the Galaxy.*

Evidently the assumption of a varying ϑ_1 does not suffice to explain the disagreement between the two ellipsoids.

As regards the higher characteristics, it is principally the β-characteristics that interest us. We remind of the formula

$$\beta^{(s)}_{ijk} = \frac{B^{(s)}_{ijk}}{\sqrt{N^{(s)\,i}_{200}\,N^{(s)\,j}_{020}\,N^{(s)\,k}_{002}}}$$

and see by the equation (85) and the table XV that *they will be nearly independent of the variation in* ϑ_1 at least when H is as small as 1.2. Accordingly we will not trouble for their corrections; it will suffice to hold in mind that the coefficients of skewness are found slightly too small and the coefficients of excess slightly too large.

CHAPTER IX.

Characteristics of distribution for the linear motions.

28. By the preceding investigations we have found that the parameter q' probably is of the order of magnitude 0.75. Adopting this value for q' we find from the results of § 18 for the axes of the velocity ellipsoid and its vertices the following values

$$\vartheta_1 \sigma_1' = 1.5606 \pm 0.0140 \quad \text{Vertex I} \quad \alpha = 273^\circ.9 \quad \delta = -18^\circ.2$$
$$\vartheta_1 \sigma_2' = 1.0432 \pm 0.0209 \quad \text{Vertex II} \quad \alpha = 338^\circ.8 \quad \delta = +53^\circ.6$$
$$\vartheta_1 \sigma_3' = 0.8580 \pm 0.0242 \quad \text{Vertex III} \quad \alpha = 194^\circ.8 \quad \delta = +31^\circ.0.$$

The mean errors are computed as described in § 25 and the unit is here the class-breadth $\omega = 0''.05$. Wishing to have the axes expressed in km. per sec. we have to put $\vartheta_1 = 0.0529$. Thus we find

$$\sigma_1' = 29.50 \pm 0.26 \text{ km. per sec.}$$
$$\sigma_2' = 19.72 \pm 0.40 \text{ km. per sec.}$$
$$\sigma_3' = 16.22 \pm 0.46 \text{ km. per sec.}$$

These values are, however, as yet uncorrected for the probable variation of the mean parallax with galactic latitude. We have in the preceding paragraph found that variation to be of a magnitude to make the ratio of ϑ_1 in the polar regions to ϑ_1 in the galactic regions about 1.2. To correct the axes for the effect of such a variation we have found that the above values shall be divided by respectively $\sqrt{1.12}$, $\sqrt{1.12}$ and $\sqrt{0.95}$. Hence we obtain as the best values to be found for the axes

$$\sigma_1' = 27.83 \pm 0.24 \text{ km. per sec.}$$
$$\sigma_2' = 18.60 \pm 0.38 \text{ km. per sec.}$$
$$\sigma_3' = 16.73 \pm 0.47 \text{ km. per sec.}$$

For the sake of completeness we remark that the mean error in the above value of ϑ_1 is about ± 0.0009, which corresponds to a simultaneous oscillation in the length of the axes in the same direction of about 2 %.

To find the mean errors in the positions of the vertices we take recourse to the equations (61) and (63). Suppose we have computed the second moments referred to a system of coordinates whose axes deviate by infinitesimal angles from the axes of the ellipsoid. Then the moments N_{110}, N_{101} and N_{011} would be small quantities of the first order. The roots s_1, s_2, s_3 of the cubic (61) would then be found to deviate from the moments N_{200}, N_{020} and N_{002} by small quantities of the second order. In equations (63) we then may write

$$\begin{array}{lll} N_{200} - s_1 = 0; & N_{020} - s_1 = N_{020} - N_{200}; & N_{002} - s_1 = N_{002} - N_{200} \\ N_{200} - s_2 = N_{200} - N_{020}; & N_{020} - s_2 = 0; & N_{002} - s_2 = N_{002} - N_{020} \\ N_{200} - s_3 = N_{200} - N_{002}; & N_{020} - s_3 = N_{020} - N_{002}; & N_{002} - s_3 = 0. \end{array}$$

Denoting by λ and β the longitude and latitude of the vertices in the system of coordinates considered, we find, neglecting quantities of the second order,

For vertex I

$$\operatorname{tg} \lambda_1 = \lambda_1 = \frac{N_{110}}{N_{200} - N_{020}}$$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \beta_1 = \frac{N_{101}}{N_{200} - N_{002}}$$

For vertex II

$$\operatorname{tg} (90 - \lambda_2) = \frac{\pi}{2} - \lambda_2 = - \frac{N_{110}}{N_{200} - N_{020}}$$

$$\operatorname{tg} \beta_2 = \beta_2 = \frac{N_{011}}{N_{020} - N_{002}}$$

For vertex III

$$\operatorname{tg} (90 - \beta_3) \cos \lambda_3 = - \frac{N_{101}}{N_{200} - N_{002}} = \varphi_3$$

$$\operatorname{tg} (90 - \beta_3) \sin \lambda_3 = - \frac{N_{011}}{N_{020} - N_{002}} = \psi_3$$

where φ_3 and ψ_3 are the longitudes of vertex III counted from the W-axis along the UW- and VW-planes.

Neglecting mean errors multiplied with the small quantities N_{110}, N_{101} and N_{011} we finally have

$$\varepsilon(\lambda_1) = \varepsilon(\lambda_2) = \frac{\varepsilon(N_{110})}{N_{200} - N_{020}}; \qquad \varepsilon(\beta_1) = \varepsilon(\varphi_3) = \frac{\varepsilon(N_{101})}{N_{200} - N_{002}};$$

$$\varepsilon(\beta_2) = \varepsilon(\psi_3) = \frac{\varepsilon(N_{011})}{N_{020} - N_{002}}.$$

We now insert the values given in the next paragraph for the second moments and their mean errors referred to system III and thus obtain

$$\varepsilon(\lambda_1) = \varepsilon(\lambda_2) = 1^0.7; \ \varepsilon(\beta_1) = \varepsilon(\varphi_3) = 1^0.4; \ \varepsilon(\beta_2) = \varepsilon(\psi_3) = 6^0.8.$$

Obviously we may now put it in the following way: The vertices lie as far as the mean errors are concerned within small ellipses of the following descriptions.

Vertex I. Within an ellips having its major axis parallell to the plane of the Milky Way. The axes are $a = 1^0.7$ $b = 1^0.4$.

Vertex II. Within an ellips having its major axis perpendicular to the plane of the Milky Way. Here the axes are $a = 6^0.8$ $b = 1^0.7$.

Vertex III. Within an ellips having its major axis perpendicular to the direction toward the vertex I. The axes are $a = 6^0.8$ $b = 1^0.4$.

In fig. 1 the vertices are denoted by a cross. The length of the limbs of the crosses denote the axes of the above error ellipses. Obviously the system of vertices may be regarded as a galactic system. Hence the systematic variation of ϑ_1 has no effect on their position.

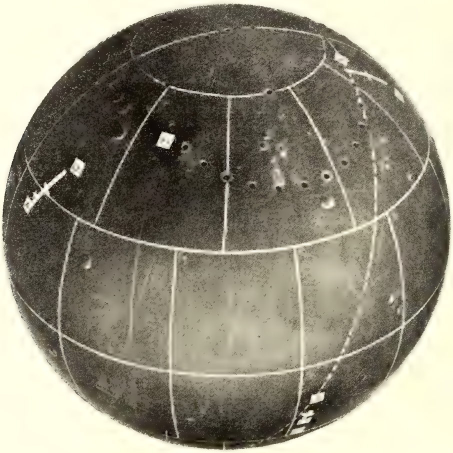


Fig. 1.

The vertices for $q' = 1$, 0.75, 0.62, 0.45.
The dotted great circle is the plane of the Milky Way and the star is its pole.

29. The higher characteristics it is most expedient for us to compute referred to the system III. The differene between the characteristics referred to system III and those referred to the vertex-system *will be of the order of magnitude of the mean errors.* Thus the figures given in this paragraph might as well be regarded as belonging to the vertex-system of coordinates.

I here give all the characteristics referred to system III. Before that I will once more write down how the axes of coordinates in system III are orientated.

We have taken

the $U^{(s)}$-axis towards the point $\alpha = 270^0.0$ $\delta = -15^0.0$
» $V^{(s)}$-axis » » » $\alpha = 335^0.7$ $\delta = +56^0.9$
» $W^{(s)}$-axis » » » $\alpha = 188^0.5$ $\delta = +28^0.7$.

The angles between these axes and the axes of the velocity ellipsoid are as follows

$$U^{(s)}U' = 5^0.0 \qquad V^{(s)}V' = 6^0.4 \qquad W^{(s)}W' = 6^0.1$$

and the $W^{(s)}$ axis lies $2^0.5$ from the pole of the Milky Way as given by KOBOLD

The characteristics are now, for the sake of completeness taking along also those of the second order:

$$\vartheta_1^2 N^{(s)}_{200} = 2.4243 \pm 0.0435 \qquad \vartheta_1^2 N^{(s)}_{110} = -0.0080 \pm 0.0363$$
$$\vartheta_1^2 N^{(s)}_{020} = 1.0860 \pm 0.0435 \qquad \vartheta_1^2 N^{(s)}_{101} = -0.1309 \pm 0.0391$$
$$\vartheta_1^2 N^{(s)}_{002} = 0.7482 \pm 0.0417 \qquad \vartheta_1^2 N^{(s)}_{011} = -0.0625 \pm 0.0391\,.$$

$$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{300} = -0.1054 \pm 0.0224 \qquad \vartheta_1^4 B^{(s)}_{400} = -0.2763 \pm 0.0130$$
$$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{210} = -0.0208 \pm 0.0408 \qquad \vartheta_1^4 B^{(s)}_{310} = -0.1646 \pm 0.0217$$
$$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{120} = -0.0986 \pm 0.0408 \qquad \vartheta_1^4 B^{(s)}_{220} = -0.1447 \pm 0.0245$$
$$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{030} = +0.0148 \pm 0.0296 \qquad \vartheta_1^4 B^{(s)}_{130} = -0.0779 \pm 0.0219$$
$$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{021} = -0.0166 \pm 0.0348 \qquad \vartheta_1^4 B^{(s)}_{040} = -0.0108 \pm 0.0131$$
$$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{012} = -0.0766 \pm 0.0366 \qquad \vartheta_1^4 B^{(s)}_{031} = -0.0780 \pm 0.0178$$
$$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{003} = +0.0283 \pm 0.0299 \qquad \vartheta_1^4 B^{(s)}_{022} = -0.0455 \pm 0.0201$$
$$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{102} = -0.1765 \pm 0.0366 \qquad \vartheta_1^4 B^{(s)}_{013} = +0.1424 \pm 0.0201$$
$$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{201} = -0.0448 \pm 0.0348 \qquad \vartheta_1^4 B^{(s)}_{004} = +0.0509 \pm 0.0159$$
$$\vartheta_1^3 B^{(s)}_{111} = +0.0229 \pm 0.0510 \qquad \vartheta_1^4 B^{(s)}_{103} = -0.0494 \pm 0.0201$$
$$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{202} = -0.1465 \pm 0.0201$$
$$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{301} = -0.0440 \pm 0.0178$$
$$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{211} = +0.0316 \pm 0.0315$$
$$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{121} = +0.1099 \pm 0.0315$$
$$\vartheta_1^4 B^{(s)}_{112} = +0.0860 \pm 0.0307$$

For the β characteristics we have the following values:

$$r_{12} = -0.0049 \pm 0.0223 \qquad \beta^{(s)}_{400} = -0.0470 \pm 0.0022$$
$$r_{13} = -0.1021 \pm 0.0290 \qquad \beta^{(s)}_{310} = -0.0418 \pm 0.0055$$
$$r_{23} = -0.0693 \pm 0.0433 \qquad \beta^{(s)}_{220} = -0.0550 \pm 0.0093$$
$$\beta^{(s)}_{130} = -0.0441 \pm 0.0124$$
$$\beta^{(s)}_{300} = -0.0279 \pm 0.0059 \qquad \beta^{(s)}_{040} = -0.0092 \pm 0.0111$$
$$\beta^{(s)}_{210} = -0.0082 \pm 0.0161 \qquad \beta^{(s)}_{031} = -0.0797 \pm 0.0181$$
$$\beta^{(s)}_{120} = -0.0583 \pm 0.0241 \qquad \beta^{(s)}_{022} = -0.0560 \pm 0.0247$$
$$\beta^{(s)}_{030} = +0.0130 \pm 0.0261 \qquad \beta^{(s)}_{013} = +0.2111 \pm 0.0298$$
$$\beta^{(s)}_{021} = -0.0177 \pm 0.0370 \qquad \beta^{(s)}_{004} = +0.0909 \pm 0.0284$$
$$\beta^{(s)}_{012} = -0.0982 \pm 0.0469 \qquad \beta^{(s)}_{103} = -0.0490 \pm 0.0199$$
$$\beta^{(s)}_{003} = +0.0437 \pm 0.0462 \qquad \beta^{(s)}_{202} = -0.0808 \pm 0.0111$$
$$\beta^{(s)}_{102} = -0.1515 \pm 0.0314 \qquad \beta^{(s)}_{301} = -0.0135 \pm 0.0055$$
$$\beta^{(s)}_{201} = -0.0214 \pm 0.0166 \qquad \beta^{(s)}_{211} = +0.0145 \pm 0.0144$$
$$\beta^{(s)}_{111} = +0.0163 \pm 0.0363 \qquad \beta^{(s)}_{121} = +0.0751 \pm 0.0215$$
$$\beta^{(s)}_{112} = -0.0708 \pm 0.0252$$

These latter characteristics are as we have before shown practically independent of ϑ_1 and its systematical variation. *With their mean errors they give a general and complete description of the distribution of the linear motions of the stars of a magnitude brighter than 6.0 as far as it is given by the proper motions and, as far as it is possible at present to determine the value of the constant q'.*

30. We are now in a position to ascertain in how much our results are in consistence with the *two-stream hypothesis*

In the following table we give the values of the characteristics as computed from the figures cited from Eddington in § 25. In the second we point out what becomes of the characteristics if we assume that the internal spread of motion is different in the two streams. In the third column we give the evidence of our own values.

	Eddington	Generalized two-stream hyp.	Our values
$\sigma_1^{(s)} : \sigma_2^{(s)}$	1.63	—	1.50 ± 0.05
$\sigma_1^{(s)} : \sigma_3^{(s)}$	1.63	—	1.66 ± 0.05
$\sigma_2^{(s)} : \sigma_3^{(s)}$	1.00	—	1.11 ± 0.03
$\beta^{(s)}_{300}$	— 0.033	—	-0.027 ± 0.006
$\beta^{(s)}_{210}$	0.000	0.000	within mean error
$\beta^{(s)}_{120}$	0.000	pos. or neg.	slightly neg.
$\beta^{(s)}_{030}$	0.000	0.000	within mean error
$\beta^{(s)}_{021}$	0.000	0.000	» » »
$\beta^{(s)}_{012}$	0.000	0.000	slightly negative
$\beta^{(s)}_{003}$	0.000	0.000	within mean error
$\beta^{(s)}_{102}$	0.000	pos. or neg.	neg.
$\beta^{(s)}_{201}$	0.000	0.000	slightly neg.
$\beta^{(s)}_{111}$	—	—	— —
$\beta^{(s)}_{400}$	— 0.030	—	-0.047 ± 0.002
$\beta^{(s)}_{310}$	0.000	0.000	neg.
$\beta^{(s)}_{220}$	0.000	pos.	neg.
$\beta^{(s)}_{130}$	0.000	0.000	neg.
$\beta^{(s)}_{040}$	0.000	pos.	within mean error
$\beta^{(s)}_{031}$	0.000	0.000	neg.
$\beta^{(s)}_{022}$	0.000	pos.	slightly neg.
$\beta^{(s)}_{013}$	0.000	0.000	strongly pos.
$\beta^{(s)}_{004}$	0.000	pos.	pos.
$\beta^{(s)}_{103}$	0.000	0.000	neg.
$\beta^{(s)}_{202}$	0.000	pos.	neg.
$\beta^{(s)}_{301}$	0.000	0.000	slightly neg.
$\beta^{(s)}_{211}$	—	—	— —
$\beta^{(s)}_{121}$	—	—	— —
$\beta^{(s)}_{112}$	—	—	— —

As a conclusion we may say that the two-stream hypothesis seems to be inadequate as a *physical explanation* of the properties of distribution of stellar movements. As a *working hypothesis* it is as good as the assumption of an ellipsoid of revolution, besides giving a pretty good description of the *skewness*. As regards the *excess* the two-stream hypothesis cannot be thought to give even its main features. If it should be necessary to adopt another value of q' the two-stream distribution will give a still poorer fit.

31. In figures 2, 3 and 4 we have plotted out the *frequency curves* of the motion as projected on the $U^{(s)}$- the $V^{(s)}$- and the $W^{(s)}$-axes; the dotted curve is the normal frequency curve and the unity is the respective dispersions.

In a similar way fig. 5, 6 and 7 illustrate the distribution of the *apparent motions* as projected on the same axes. It is seen by the form of those curves that in the case of the *apparent* motions the characteristics of orders higher than the fourth cannot be neglected.

On the whole the fig. 2—7 and the other results of this chapter and chapter VII show the remarkable and very interesting fact, that in spite of the distribution of the apparent motions being so excessively unnormal as to make its representation by a frequency function of the A-type almost illusory, or at least requiring the computations of characteristics of the fifth and sixth orders, the distribution of the linear motions may well be thought to be a nearly normal three axial distribution.

On speaking with Mr. Gyllenberg of this Observatory on the above subjects he has told me that the information to be gathered from the radial velocities in all essentials is in consistence with the conclusions here drawn. Taking together stars surrounding each vertex he has computed frequency curves that may be regarded as giving the essentials of the distribution along our axes of coordinates. The only deviation from our results were found to lie in the excess' along the $U^{(s)}$ and $V^{(s)}$ axes. In the $U^{(s)}$ axis he found the excess to be zero and in the $V^{(s)}$axis to be about 10 % positive ($\beta_{040} = + 0.04$); the main feature of the higher characteristics of the radial velocities is, however, that they are all small. Knowing what would become of our characteristics if another value of q' should be adopted, we may assert, that *the value $q' = 0.75$ gives the best agreement possible to obtain between the higher characteristics as derived from the proper motions and those indicated by the radial velocities.*

As is well known Prof. Charlier has in his here often cited work concluded that the skewness of the linear motions is not small and that the excess is »thoroughly negative». Evidently this opinion is due to his having used a value of q' so low as 0.62. As seen from our tables XIV and XV of chapter VII $q' = 0.62$ gives most thoroughly negative values of the higher characteristics. To the same cause we also may attribute the circumstance that his attemps at dissecting the correlation function of the linear motions into two components, viz. the two star-streams, gave so altogether negative results. Evidently an attempt to reconcile the charac-

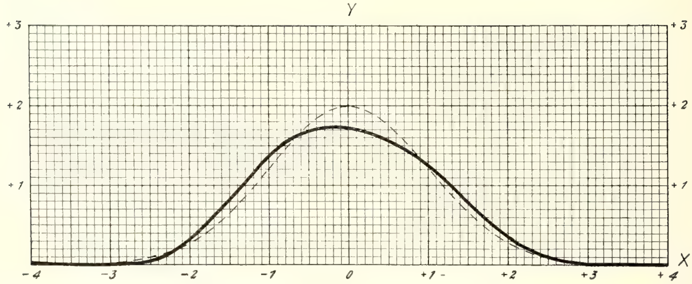


Fig. 2. Frequency curve of the *linear motions* as projected on the axis toward vertex I.

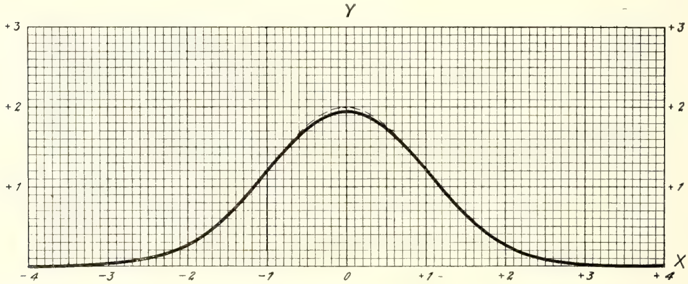


Fig. 3. Frequency curve of the *linear motions* as projected on the axis toward vertex II.

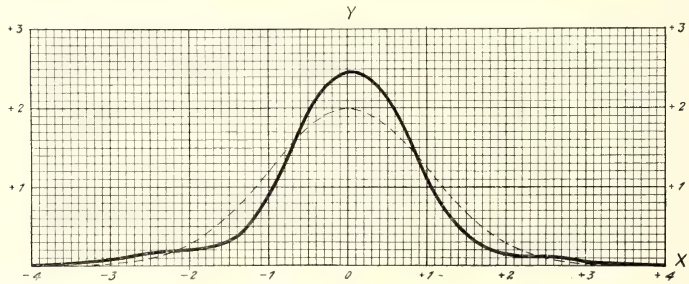


Fig. 4. Frequency curve of the *linear motions* as projected on the axis toward vertex III.

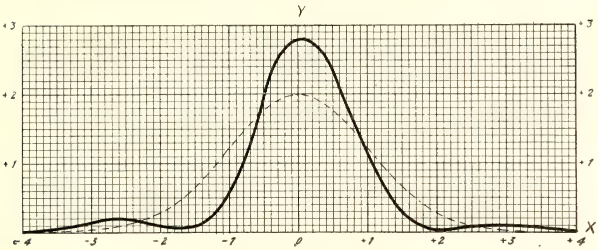


Fig. 5. Frequency curve of the *apparent motions* as projected on the axis toward vertex I.

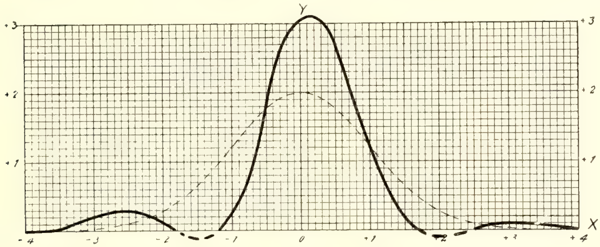


Fig. 6. Frequency curve of the *apparent motions* as projected on the axis toward vertex II.

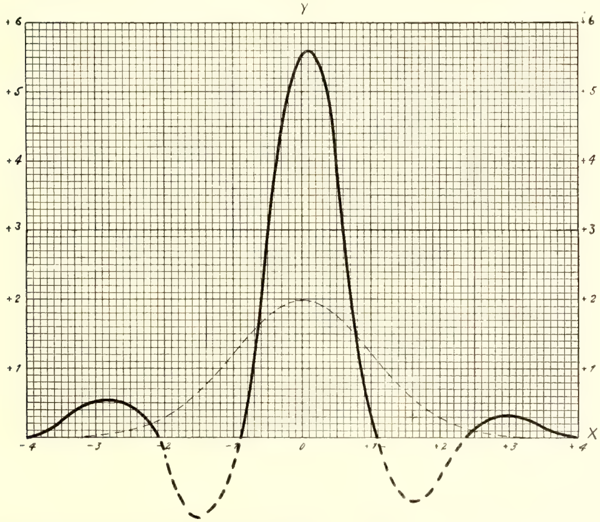


Fig. 7. Frequency curve of the *apparent motions* as projected on the axis toward vertex III.

teristics given in tables XIV and XV for $q' = 0.62$ with the two-stream hypthesis would be hopeless.

32. In the paragraphs 35 and 36 of his work CHARLIER makes some excedingly interesting remarks regarding the bearing of the law of MAXWELL for the molecules of a gas on the distribution of stellar velocities. The law of MAXWELL requires that taking out particles (stars) of the same mass the distribution of their velocities in any one direction shall be of the normal form. What would then be the distribution when particles (stars) of different masses are mixed? Assuming the logarithmus of the mass to be normally distributed with the dispersion L, CHARLIER finds that the skewness should be zero and the excess given by

$$E = {}^3/_8(e^{L^2} - 1),$$

or taking the luminosity to be proportional to a constant power c of the mass

$$E = {}^3/_8(e^{\varkappa^2\sigma_2^2} - 1), \tag{87}$$

where

$$\varkappa = \frac{0.921034}{c},$$

and σ_2 is the dispersion of the absolute magnitudes.

To get an opinion of the order of magnitude of this excess we will proceed as follows:

Assuming for a moment the density of the stars to be of the form used by SEELIGER

$$D = \gamma\, r^{-t}$$

we should find from the equations of paragraph 11

$$\Delta_0(y) = Ke^{(t-3)\,by}, \ldots$$

and by equations (47) and (47*) *.

$$\vartheta_s(m) = \vartheta_1{}^s(m)\left(\frac{1}{q'}\right)^{1/2(s^2-s)}, \tag{50*}$$

and here q' has the form

$$q' = e^{-b^2\sigma_2^2}.$$

By computations similar to those performed in § 12 we should find that for all stars brighter than 6.0 we have to take

$$q' = 0.88\, e^{-b^2\sigma^2_2}.$$

* It has already been pointed out by CHARLIER that the assumption of SEELIGER regarding the density function will give rise to the expression (50*) for ϑ_s.

Introducing this expression into equation (87) we find

$$E = {}^3/_8 \left[\left(\frac{0.88}{q'}\right)^{\frac{\varkappa^2}{b^2}} - 1\right].$$

Taking with CHARLIER $c = 3$ we find $\varkappa = 0.3070$, and for $q' = 0.75$

$$E = + 0.026,$$

which corresponds to

$$\beta_4 = + 0.009.$$

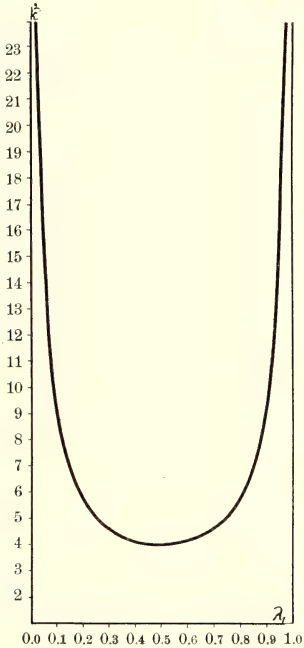


Fig. 8.

The parameter λ_1 as depending on the dispersion of the apparent magnitudes.

The smallest value acceptable for c is $^2/_3$. This value would make E about four times as great as the above value. As seen the Maxwellian law would give a very small and positive excess. I cannot say that our results are exactly in contradiction with the requirements of the law of Maxwell. Of course they, on the other side, give no positive evidence whatsoever.

33. We have in this investigation found that many circumstances point towards a value 0.75 for q'. A question of interest in stellar astronomy is: what value of the constant λ_1 comes out of this value for q'?

We remind of the equation

$$q' = \alpha_1 e^{-(b^2 k^2 - \alpha_2) \lambda_1 (1-\lambda_1)},$$
$$\alpha_1 = 0.88; \ \alpha_2 = 0.43.$$

Clearly the value of λ_1 depends on what value is to be taken for the dispersion of the apparent magnitudes k, of which, on the whole, we only know that it has a value of about 3 or 4.

For $q' = 0.75$ the above equation may be written

$$k^2 - 2.03 = \frac{0.754}{\lambda_1 (1-\lambda_1)}.$$

Taking k^2 and λ_1 as coordinates of a Cartesian system this equation is represented by the curve drawn up in fig. 8, from which it is seen that for $k = 3.0$ we have $\lambda_1 = 0.87$ and for $k = 4$, $\lambda_1 = 0.94$. Now the values of the factor 0.88 and the term 0.43 depends on our having regarded the stars brighter than 6.0 as being chiefly of magnitudes fainter than 3.0. As it has been necessary to have a lower limit of the magnitudes when discussing the relation between λ_1 and q', it is impossible to say if it is chosen too high or too low. Taking a higher limit, α_1 will be found greater and α_2 smaller and *vice versa*. Thus if the lower limit is taken higher up, the curve will be lifted upwards, and taking a yet lower limit the curve will lie nearer to the λ_1-axis. The effect on the order of magnitude of λ_1 for k about 3 and 4 will however be small and hence we conclude that λ_1 *has a value of about 0.9.*

Before finishing this memoir I grasp the opportunity to express my sincere gratitude to Professor C. V. L. Charlier for the many fertile impulses that I have received during the planning and preparation of this investigation by his always intent interest for the questions here inquired into. Especially I wish also to express my hearthiest thanks for the kind readiness with which he has placed at my disposal as yet unpublished material of a character to greatly facilitate my work.

It is further with sincere pleasure that I acknowledge the obligations in which I stand to Mr. K. A. W. Gyllenberg for many useful suggestions received during our daily conversations on these and related subjects and especially for his kindness to permit me to use the results of his own investigations of the radial velocities.

To the Royal Physiographic Society of Lund I also wish to express my thanks for pecuniary support granted me out of the Anders Jahan Retzius' Minnesfond.

TABLE II.

Equations of transformation for the ellipsoid.

	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	ν_{02}	γ_0^2
A_1	0.0000	+ 0.9698	+ 0.0301	0.0000	— 0.3420	0.0000	+ 2 594	+ 0.391
A_2	0.0000	+ 0.9698	+ 0.0301	0.0000	+ 0 3420	0.0000	+ 3.038	+ 0.759
B_1	+ 0.4539	+ 0.0479	+ 0.4983	+ 0.2950	— 0.3090	— 0.9512	+ 1.124	+ 0.328
B_2	+ 0 1733	+ 0.3283	+ 0.4983	+ 0.4772	— 0.8090	— 0.5878	+ 1 103	+ 0.555
B_3	0.0000	+ 0.5017	+ 0 4983	0.0000	— 1 0000	0.0000	+ 2.042	+ 0.939
B_4	+ 0.1733	+ 0.3283	+ 0.4983	— 0.4772	— 0.8090	+ 0.5878	+ 1.458	+ 0.450
B_5	+ 0.4539	+ 0.0479	+ 0.4983	— 0.2950	— 0 3090	+ 0.9512	+ 2.411	+ 0.407
B_6	+ 0.4539	+ 0.0479	+ 0.4983	+ 0.2950	+ 0.3090	+ 0.9512	+ 1.265	+ 0 060
B_7	+ 0.1733	+ 0.3283	+ 0.4983	+ 0.4772	+ 0.8090	+ 0.5878	+ 3 680	+ 0.051
B_8	0.0000	+ 0.5017	+ 0.4983	0.0000	+ 1.0000	0.0000	+ 3.172	+ 0.089
B_9	+ 0.1733	+ 0.3283	+ 0.4983	— 0.4772	+ 0 8090	— 0.5878	+ 1 508	+ 0.000
B_{10}	+ 0.4539	+ 0.0479	+ 0.4983	— 0.2950	+ 0.3090	— 0.9512	+ 0.918	+ 0.023
C_1	+ 0.0583	+ 0.0042	+ 0.9376	+ 0.0312	— 0.1250	— 0.4676	+ 1.583	+ 0.440
C_2	+ 0.0313	+ 0.0313	+ 0.9376	+ 0.0625	— 0.3424	— 0 3424	+ 1.458	+ 0.601
C_3	+ 0.0042	+ 0.0583	+ 0.9376	+ 0.0312	— 0.4676	— 0.1250	+ 0.834	+ 0.501
C_4	+ 0.0042	+ 0.0583	+ 0.9376	— 0.0312	— 0.4676	+ 0.1250	+ 1.598	+ 0.487
C_5	+ 0.0313	+ 0.0313	+ 0.9376	— 0.0625	— 0.3424	+ 0.3424	+ 2.489	+ 0.924
C_6	+ 0.0583	+ 0.0042	+ 0.9376	— 0.0342	— 0.1250	+ 0.4676	+ 1.218	+ 0.399
C_7	+ 0.0583	+ 0.0042	+ 0.9376	+ 0.0312	+ 0.1250	+ 0.4676	+ 2.334	+ 0.162
C_8	+ 0.0313	+ 0.0313	+ 0.9376	+ 0.0625	+ 0.3424	+ 0.3424	+ 1.584	+ 0.332
C_9	+ 0.0042	+ 0.0583	+ 0.9376	+ 0.0312	+ 0.4676	+ 0.1250	+ 1.617	+ 0.104
C_{10}	+ 0.0042	+ 0.0583	+ 0.9376	— 0.0312	+ 0.4676	— 0.1250	+ 1.513	+ 0.039
C_{11}	+ 0.0313	+ 0.0313	+ 0.9376	— 0.0625	+ 0.3424	— 0.3424	+ 1.601	+ 0.225
C_{12}	+ 0.0583	+ 0.0042	+ 0.9376	— 0.0312	+ 0.1250	— 0.4676	+ 2.018	+ 0.027

	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	ν_{20}	x_0^2
A_1	+ 1.0000	0.0000		0.0000			+ 1.245	+ 0.032
A_2	+ 1.0000	0.0000		0.0000			+ 0.739	+ 0.002
B_1	+ 0.0954	+ 0.9046		— 0.5878			+ 2.542	+ 0.478
B_2	+ 0.6545	+ 0.3455		— 0.9510			+ 1.111	+ 0.259
B_3	+ 1.0000	0.0000		0.0000			+ 0.651	+ 0.026
B_4	+ 0.6545	+ 0.3455		+ 0.9510			+ 1.456	+ 0.242
B_5	+ 0.0954	+ 0.9046		+ 0.5878			+ 3.110	+ 0.984
B_6	+ 0.0954	+ 0.9046		— 0.5878			+ 2.674	+ 0.500
B_7	+ 0.6545	+ 0.3455		— 0.9510			+ 3.452	+ 0.554
B_8	+ 1.0000	0.0000		0.0000			+ 1.353	+ 0.032
B_9	+ 0.6545	+ 0.3455		+ 0 9510			+ 0.922	+ 0.246
B_{10}	+ 0.0954	+ 0.9046		+ 0.5878			+ 1.855	+ 0.433
C_1	+ 0.0670	+ 0.9330		— 0.5000			+ 3.696	+ 0.554
C_2	+ 0.5000	+ 0.5000		— 1.0000			+ 2.900	+ 0.610
C_3	+ 0.9330	+ 0.0670		— 0.5000			+ 1.445	+ 0.242
C_4	+ 0.9330	+ 0.0670		+ 0.5000			+ 1.240	+ 0.062
C_5	+ 0.5000	+ 0.5000		+ 1.0000			+ 2.093	+ 0.566
C_6	+ 0.0670	+ 0.9330		+ 0.5000			+ 4.681	+ 0.702
C_7	+ 0.0670	+ 0.9330		— 0.5000			+ 2.890	+ 0.623
C_8	+ 0.5000	+ 0.5000		— 1.0000			+ 3.946	+ 0.696
C_9	+ 0.9330	+ 0.0670		— 0.5000			+ 1.361	+ 0.062
C_{10}	+ 0.9330	+ 0.0670		+ 0.5000			+ 1.065	+ 0.102
C_{11}	+ 0.5000	+ 0.5000		+ 1.0000			+ 2.522	+ 0.387
C_{12}	+ 0.0670	+ 0.9330		+ 0.5000			+ 3.430	+ 1.067

	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	ν_{11}	$x_0\, y_0$
A_1	0.0000	0.0000		+ 0.9848	0.0000	− 0.1736	− 0.589	− 0.112
A_2	0.0000	0.0000		+ 0.9848	0.0000	+ 0.1736	+ 0.270	+ 0.040
B_1	+ 0.2082	− 0.2082		− 0.5731	+ 0.6713	− 0.2181	− 0.164	− 0.399
B_2	+ 0.3368	− 0.3368		+ 0.2189	+ 0.4149	− 0.5711	− 0.591	− 0.379
B_3	0.0000	0.0000		+ 0.7083	0.0000	− 0.7059	+ 0.065	− 0.156
B_4	− 0.3368	+ 0.3368		+ 0.2189	− 0.4149	− 0.5711	+ 0.594	+ 0.330
B_5	− 0.2082	+ 0.2082		− 0.5731	− 0.6713	− 0.2181	+ 0.233	+ 0.633
B_6	+ 0.2082	− 0.2082		− 0.5731	− 0.6713	+ 0.2181	− 0.655	+ 0.173
B_7	+ 0.3368	− 0.3368		+ 0.2189	− 0.4149	+ 0.5711	− 1.609	− 0.167
B_8	0.0000	0.0000		+ 0.7083	0.0000	+ 0.7059	+ 0.457	+ 0.054
B_9	− 0.3368	+ 0.3368		+ 0.2189	+ 0.4149	+ 0 5711	+ 0.627	− 0.009
B_{10}	− 0.2082	+ 0.2082		− 0.5731	+ 0.6713	+ 0.2181	+ 0.614	− 0.101
C_1	+ 0.0625	− 0.0625		− 0.2165	+ 0.9353	− 0.2506	+ 0.167	− 0.493
C_2	+ 0.1250	− 0.1250		0.0000	+ 0.6847	− 0.6847	+ 0.357	− 0.605
C_3	+ 0.0625	− 0.0625		+ 0.2165	+ 0.2506	− 0.9353	+ 0.136	− 0.348
C_4	− 0.0625	+ 0.0625		+ 0.2165	− 0.2506	− 0.9353	− 0.158	+ 0.174
C_5	− 0.1250	+ 0.1200		0.0000	− 0.6847	− 0.6847	− 0.057	+ 0.722
C_6	− 0.0625	+ 0.0625		− 0.2165	− 0.9353	− 0.2506	− 0.450	+ 0.530
C_7	+ 0.0625	− 0.0625		− 0.2165	− 0.9353	+ 0.2506	− 0.753	+ 0.318
C_8	+ 0.1250	− 0.1250		0.0000	− 0.6847	+ 0.6847	+ 0.091	+ 0.480
C_9	+ 0.0625	− 0.0625		+ 0.2165	− 0.2506	+ 0.9353	− 0.458	+ 0.080
C_{10}	− 0.0625	+ 0.0625		+ 0.2165	+ 0.2506	+ 0.9353	− 0.151	− 0.063
C_{11}	− 0.1250	+ 0.1250		0.0000	+ 0.6847	+ 0.6847	+ 0.093	− 0.295
C_{12}	− 0.0625	+ 0.0625		− 0.2165	+ 0.9353	+ 0.2506	+ 0.135	− 0.169

TABLE III.

Equations of transformation for the coefficients of the third order.

	$-a_1$	$-a_2$	a_3	$-a_4$	a_5	$-a_6$	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_{13}
A_1	+ 1.0000	0.0000		0.0000		0.0000					— 0.2415	+ 0.112	+ 0.0010
A_2	— 1.0000	0.0000		0.0000		0.0000					+ 0.1003	+ 0.017	0 0000
B_1	+ 0.0295	— 0.8604		— 0.0908		+ 0.2795					— 0.9455	+ 0.886	+ 0.0554
B_2	+ 0.5295	— 0.2030		— 0.3847		+ 0.2795					— 0.3297	+ 0.283	+ 0.0228
B_3	+ 1.0000	0.0000		0.0000		0.0000					— 0.0002	+ 0.053	+ 0.0007
B_4	+ 0.5295	+ 0.2030		+ 0.3847		+ 0.2795					+ 0.0532	— 0.358	+ 0.0198
B_5	+ 0.0295	+ 0.8604		+ 0.0908		+ 0.2795					+ 0.7733	— 1.543	+ 0.1627
B_6	— 0.0295	+ 0.8604		+ 0.0908		— 0.2795					+ 0.1142	— 0.946	+ 0.0589
B_7	— 0.5295	+ 0.2030		+ 0.3847		— 0.2795					+ 1.5635	— 1.284	+ 0.0687
B_8	— 1.0000	0.0000		0 0000		0.0000					— 0.5115	+ 0.122	— 0 0010
B_9	— 0.5295	— 0.2030		— 0.3847		— 0.2795					— 0.3275	+ 0.229	— 0.0203
B_{10}	— 0.0295	— 0.8604		— 0.0908		— 0.2795					— 0.1910	+ 0.611	— 0.0475
C_1	+ 0.0173	— 0.9011		— 0.0647		+ 0.2415					+ 0.8357	+ 1.375	— 0.0687
C_2	+ 0.3535	— 0.3535		— 0.3535		+ 0.3535					— 0.3948	+ 1.133	— 0.0794
C_3	+ 0.9011	— 0.0173		— 0.2415		+ 0.0647					+ 0.0448	+ 0.356	— 0.0198
C_4	+ 0.9011	+ 0.0173		+ 0.2415		+ 0.0647					— 0.2165	— 0.155	+ 0.0020
C_5	+ 0.3535	+ 0.3535		+ 0.3535		+ 0.3535					+ 0.6308	— 0.787	+ 0.0709
C_6	+ 0.0173	+ 0.9011		+ 0.0647		+ 0.2415					+ 0.3972	— 1.962	+ 0.0981
C_7	— 0.0173	+ 0.9011		+ 0.0647		— 0.2415					+ 0.4242	— 1.140	+ 0.0819
C_8	— 0.3535	+ 0.3535		+ 0.3535		— 0 3535					+ 0.8599	— 1.646	+ 0.0967
C_9	— 0.9011	+ 0 0173		+ 0.2415		— 0.0647					— 0.0513	— 0.169	+ 0.0020
C_{10}	— 0.9011	— 0.0173		— 0.2415		— 0.0647					— 0.2710	+ 0.172	— 0.0106
C_{11}	— 0.3535	— 0.3535		— 0.3535		— 0.3535					— 0 4205	+ 0.785	— 0.0401
C_{12}	— 0.0173	— 0.9011		— 0.0647		— 0.2415					— 0.9130	+ 1.772	— 0.1837

	$-b_1$	$-b_2$	b_3	$-b_4$	$-b_5$	$-b_6$	$-b_7$	b_8	b_9	$-b_{10}$	b_{11}	b_{12}	b_{13}
A_1	0.0000	0.0000		+ 0.9848	— 0.1736	0.0000	0.0000			0.0000	+ 0.5175	— 0.495	+ 0.0100
A_2	0.0000	0.0000		— 0.9848	— 0.1736	0.0000	0.0000			0 0000	+ 0.1030	+ 0.335	— 0.0009
B_1	+ 0.1929	+ 0.5940		— 0.3751	— 0.0674	+ 0.4808	— 0.6386			+ 0.2075	+ 0.5650	— 0.843	+ 0.1369
B_2	+ 0.8175	+ 0.5940		— 0.0210	— 0.4620	— 0.4012	— 0.2439			+ 0.3357	+ 0.6545	— 0.715	+ 0.0969
B_3	0.0000	+ 0.0000		+ 0.7083	— 0.7059	0.0000	0.0000			0.0000	+ 0.2540	— 0 305	+ 0.0126
B_4	— 0.8175	+ 0.5940		— 0.0210	— 0.4620	+ 0.4012	— 0.2439			— 0.3357	— 0.0675	— 0.782	+ 0.0812
B_5	— 0.1929	+ 0.5940		— 0.3751	— 0.0674	— 0.4808	— 0.6386			— 0.2075	+ 0.1635	— 0.723	+ 0.3139
B_6	— 0.1929	— 0.5940		+ 0.3751	— 0.0674	— 0.4808	— 0.6386			+ 0.2075	— 0.2585	+ 0.136	+ 0.0612
B_7	— 0.8175	— 0.0940		+ 0.0210	— 0.4620	+ 0.4012	— 0.2439			+ 0.3357	— 2.1745	+ 1.586	— 0.0626
B_8	0.0000	0.0000		— 0.7083	— 0.7059	0.0000	0.0000			0.0000	— 0.2450	+ 0.284	— 0.0048
B_9	+ 0.8175	— 0.5940		+ 0.0210	— 0.4620	— 0.4012	— 0.2439			— 0.3357	— 0.8935	+ 0.302	+ 0.0023
B_{10}	+ 0.1929	— 0.5940		+ 0.3751	— 0.0674	+ 0.4808	— 0.6386			— 0.2075	+ 0.4515	+ 0.262	+ 0.0333
C_1	+ 0.0486	+ 0.1812		— 0.1165	— 0.0649	+ 0.1929	— 0.9034			+ 0.2421	+ 1.6205	— 1.614	+ 0.1839
C_2	+ 0.2652	+ 0.2652		— 0.0884	— 0.4842	— 0.0884	— 0.4842			+ 0.4842	+ 0.2010	— 0.856	+ 0.2364
C_3	+ 0.1812	+ 0.0486		+ 0.1929	— 0.9034	— 0.1165	— 0.0649			+ 0.2421	+ 0.3480	— 0.463	+ 0.0857
C_4	— 0.1812	+ 0.0486		+ 0.1929	— 0.9034	+ 0.1165	— 0.0649			— 0.2421	+ 0.3590	— 0.394	+ 0.0216
C_5	— 0.2652	+ 0.2652		— 0.0884	— 0.4842	+ 0.0884	— 0.4842			— 0.4842	+ 0.4335	— 0.963	+ 0.2936
C_6	— 0.0486	+ 0 1812		— 0.1165	— 0.0649	— 0.1929	— 0.9034			— 0.2421	+ 2.1330	— 1.102	+ 0.2218
C_7	— 0.0486	— 0.1812		+ 0.1165	— 0.0649	— 0.1929	— 0.9034			+ 0.2421	+ 0.3315	+ 0.018	+ 0.1258
C_8	— 0.2652	— 0.2652		+ 0.0884	— 0.4842	+ 0.0884	— 0.4842			+ 0.4842	+ 0.8020	— 1.207	+ 0.2004
C_9	— 0.1812	— 0.0486		— 0.1929	— 0.9034	+ 0.1165	— 0.0649			+ 0.2421	+ 0.7370	— 0.104	+ 0.0100
C_{10}	+ 0.1812	— 0.0486		— 0.1929	— 0.9034	— 0.1165	— 0.0649			— 0.2421	+ 0.5400	— 0.154	+ 0.0101
C_{11}	+ 0.2652	— 0.2652		+ 0.0884	— 0.4842	— 0.0884	— 0.4842			— 0.4842	+ 0.4020	— 0.533	+ 0.0920
C_{12}	+ 0.0486	— 0.1812		+ 0.1165	— 0.0649	+ 0.1929	— 0.9034			— 0.2421	— 0.4445	— 0.149	+ 0.0875

	$-c_1$	$-c_2$	c_3	$-c_4$	$-c_5$	$-c_6$	$-c_7$
A_1	0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	+ 0.9698	0.0000
A_2	0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	— 0.9698	0.0000
B_1	+ 0.4206	— 0.1368		— 0.3405	— 0.2938	— 0.2656	+ 0.2939
B_2	+ 0.4206	— 0.5790		+ 0.2841	— 0.4754	— 0.0148	+ 0.4754
B_3	0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	+ 0.5017	0.0000
B_4	+ 0.4206	+ 0.5790		— 0.2841	+ 0.4754	— 0.0148	— 0.4754
B_5	+ 0.4206	+ 0.1368		+ 0.3405	+ 0.2938	— 0.2656	— 0.2939
B_6	— 0.4206	+ 0.1368		+ 0.3405	— 0.2938	+ 0.2656	+ 0.2939
B_7	— 0.4206	+ 0.5790		— 0.2841	— 0.4754	+ 0.0148	+ 0.4754
B_8	0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	— 0.5017	0.0000
B_9	— 0.4206	— 0.5790		+ 0.2841	+ 0.4754	+ 0 0148	— 0.4754
B_{10}	— 0.4206	— 0.1368		— 0.3405	+ 0.2938	+ 0.2656	— 0.2939
C_1	+ 0.0453	— 0.0122		— 0.0481	— 0.1210	— 0.0291	+ 0.1210
C_2	+ 0.0663	— 0.0663		+ 0.0221	— 0.2421	— 0.0221	+ 0.2421
C_3	+ 0.0122	— 0.0453		+ 0 0291	— 0.1210	+ 0.0481	+ 0.1210
C_4	+ 0.0122	+ 0.0453		— 0.0291	+ 0.1210	+ 0.0481	— 0.1210
C_5	+ 0.0663	+ 0 0663		— 0.0221	+ 0.2421	+ 0.0221	— 0.2421
C_6	+ 0.0453	+ 0.0122		+ 0.0481	+ 0.1210	— 0.0291	— 0.1210
C_7	— 0.0453	+ 0.0122		+ 0.0481	— 0.1210	+ 0.0291	+ 0.1210
C_8	— 0.0663	+ 0.0663		— 0.0221	— 0.2421	+ 0.0221	+ 0.2421
C_9	— 0.0123	+ 0.0453		— 0.0291	— 0.1210	— 0.0481	+ 0.1210
C_{10}	— 0.0123	— 0.0453		+ 0.0291	+ 0.1210	— 0.0481	— 0.1210
C_{11}	— 0.0663	— 0.0663		+ 0.0221	+ 0.2421	+ 0.0221	— 0.2421
C_{12}	— 0.0453	— 0.0122		— 0.0481	+ 0.1210	+ 0.0291	— 0.1210

	$-c_8$	$-c_9$	$-c_{10}$	c_{11}	c_{12}	c_{13}
A_1	+ 0.0301	0.0000	— 0.1710	— 0.7915	+ 0.602	— 0.0352
A_2	— 0.0301	0.0000	— 0.1710	+ 0.2545	+ 0.307	— 0.0182
B_1	+ 0.1540	— 0.4739	+ 0.4046	+ 0.8605	+ 0.486	— 0.1143
B_2	+ 0.4031	— 0.2929	— 0.1545	— 0.9745	+ 0.721	— 0.1415
B_3	+ 0.4983	0.0000	— 0.5000	+ 0.2505	+ 0.102	— 0.0760
B_4	+ 0.4031	+ 0.2929	— 0.1545	+ 0.1280	— 0.757	+ 0.1107
B_5	+ 0.1540	+ 0.4739	+ 0.4046	+ 0.7040	— 0.344	+ 0.2020
B_6	— 0.1540	+ 0.4739	+ 0.4046	+ 0.3785	— 0.287	+ 0.0212
B_7	— 0.4031	+ 0.2929	— 0.1545	+ 2 1685	— 1.731	+ 0.0190
B_8	— 0.4983	0.0000	— 0.5000	— 0.3745	+ 0.422	— 0.0080
B_9	— 0.4031	— 0.2929	— 0.1545	— 1.1690	+ 0.362	0.0000
B_{10}	— 0.1540	— 0.4739	+ 0.4046	— 0.1485	+ 0.208	— 0.0075
C_1	+ 0.2427	— 0.9057	+ 0.2096	+ 0.3540	+ 0.489	— 0.1716
C_2	+ 0.6630	— 0.6630	0.0000	— 0.8390	+ 0.303	— 0.2346
C_3	+ 0.9057	— 0.2427	— 0.2096	+ 0.1915	+ 0.134	— 0.1232
C_4	+ 0.9057	+ 0.2427	— 0.2096	— 0.8275	— 0.089	+ 0.0609
C_5	+ 0.6630	+ 0.6630	0.0000	+ 0.1025	— 0.881	+ 0.3474
C_6	+ 0.2427	+ 0.9057	+ 0.2096	— 0.3365	— 0.226	+ 0.1676
C_7	— 0.2427	+ 0.9057	+ 0.2096	— 0.1895	— 0.614	+ 0.2315
C_8	— 0.6630	+ 0 6630	0.0000	+ 0.3250	— 0.709	+ 0.1384
C_9	— 0.9057	+ 0.2427	— 0.2096	— 0.1440	— 0.052	+ 0.0129
C_{10}	— 0.9057	— 0.2427	— 0.2096	— 0.5385	+ 0.272	— 0.0062
C_{11}	— 0.6630	— 0.6630	0.0000	+ 0.0845	+ 0.446	— 0.0700
C_{12}	— 0.2427	— 0.9057	+ 0.2096	— 0.0425	+ 0.022	— 0.0139

	$-d_1$	$-d_2$	$-d_3$	$-d_4$	$-d_5$	$-d_6$	$-d_7$
A_1	0.0000	+ 0.9551	— 0.0052	0.0000	0.0000	— 0.0000	— 0.1683
A_2	0.0000	— 0.9551	— 0.0052	0.0000	0.0000	0.0000	— 0.1683
B_1	+ 0.3058	+ 0.0105	— 0.3517	+ 0.0994	— 0.3204	+ 0.0323	— 0.0338
B_2	+ 0.0721	+ 0.1881	— 0.3517	+ 0.0993	— 0.1223	+ 0.1367	— 0.2317
B_3	0.0000	+ 0.3533	— 0.3517	0.0000	0.0000	0.0000	— 0.3542
B_4	— 0.0721	+ 0.1881	— 0.3517	+ 0.0993	— 0.1223	— 0.1367	— 0.2317
B_5	— 0.3058	+ 0.0105	— 0.3517	+ 0.0993	— 0.3204	— 0.0323	— 0.0338
B_6	— 0.3058	— 0.0105	— 0.3517	— 0.0993	— 0.3204	— 0.0323	— 0.0338
B_7	— 0.0721	— 0.1881	— 0.3517	— 0.0993	— 0.1223	— 0.1367	— 0.2317
B_8	0.0000	— 0.3533	— 0.3517	0.0000	0.0000	0.0000	— 0.3542
B_9	+ 0.0721	— 0.1881	— 0.3517	— 0.0993	— 0.1223	+ 0.1367	— 0.2317
B_{10}	+ 0.3058	— 0.0105	— 0.3517	— 0.0993	— 0.3204	+ 0.0323	— 0.0338
C_1	+ 0.0141	+ 0.0003	— 0.9079	+ 0.0038	— 0.0565	+ 0.0010	— 0.0041
C_2	+ 0.0055	+ 0.0055	— 0.9079	+ 0.0055	— 0.0303	+ 0.0055	— 0.0303
C_3	+ 0.0003	+ 0.0141	— 0.9079	+ 0.0010	— 0.0041	+ 0.0038	— 0.0565
C_4	— 0.0003	+ 0.0141	— 0.9079	+ 0.0010	— 0.0041	— 0.0038	— 0.0565
C_5	— 0.0055	+ 0.0055	— 0.9079	+ 0.0055	— 0.0303	— 0.0055	— 0.0303
C_6	— 0.0141	+ 0.0003	— 0.9079	+ 0.0038	— 0.0565	— 0.0010	— 0.0041
C_7	— 0.0141	— 0.0003	— 0.9079	— 0.0038	— 0.0565	— 0.0010	— 0.0041
C_8	— 0.0055	— 0.0055	— 0.9079	— 0.0055	— 0.0303	— 0.0055	— 0.0303
C_9	— 0.0003	— 0.0141	— 0.9079	— 0.0010	— 0.0041	— 0.0038	— 0.0565
C_{10}	+ 0.0003	— 0.0141	— 0.9079	— 0.0010	— 0.0041	+ 0.0038	— 0.0565
C_{11}	+ 0.0055	— 0.0055	— 0.9079	— 0.0055	— 0.0303	+ 0.0055	— 0.0303
C_{12}	+ 0.0141	— 0.0003	— 0.9079	— 0.0038	— 0.0565	+ 0.0010	— 0.0041

	$-d_8$	$-d_9$	$-d_{10}$	d_{11}	d_{12}	d_{13}
A_1	0.0000	+ 0.0296	0.0000	+ 0.4345	— 0.811	+ 0.0407
A_2	0.0000	— 0.0296	0.0000	— 0.1317	+ 1.323	— 0.1102
B_1	+ 0.3357	+ 0.1091	— 0.1041	+ 0.0865	— 0.322	+ 0.0313
B_2	+ 0.2074	+ 0.2855	— 0.1684	+ 0.4820	— 0.411	+ 0.0689
B_3	0.0000	+ 0.3529	0.0000	+ 0.4502	— 0.989	+ 0.1516
B_4	— 0.2074	+ 0.2855	+ 0.1684	+ 0.2197	— 0.489	+ 0.0503
B_5	— 0.3357	+ 0.1091	+ 0.1041	+ 0.9089	— 0.769	+ 0.0433
B_6	— 0.3357	— 0.1091	— 0.1041	+ 0.0917	— 0.155	+ 0.0024
B_7	— 0.2074	— 0.2855	— 0.1684	— 0.2580	+ 0.414	— 0.0019
B_8	0.0000	— 0.3529	0.0000	— 1.0972	+ 0.473	— 0.0044
B_9	+ 0.2074	— 0.2855	+ 0.1684	— 0.3135	— 0.014	0.0000
B_{10}	+ 0.3357	— 0.1091	+ 0.1041	+ 0.0468	— 0.070	+ 0.0006
C_1	+ 0.2264	+ 0.0607	— 0.0152	+ 0.4017	— 0.525	+ 0.0486
C_2	+ 0.1658	+ 0.1658	— 0.0303	— 0.2372	— 0.565	+ 0.0776
C_3	+ 0.0607	+ 0.2264	— 0.0151	+ 0.2812	— 0.295	+ 0.0507
C_4	— 0.0607	+ 0.2264	+ 0.0151	+ 0.6945	— 0.558	+ 0.0566
C_5	— 0.1658	+ 0.1658	+ 0.0303	+ 1.5422	— 1.196	+ 0.1480
C_6	— 0.2264	+ 0.0607	+ 0.0151	+ 0.2637	— 0.385	+ 0.0420
C_7	— 0.2264	— 0.0607	— 0.0151	+ 0.3855	— 0.471	+ 0.0109
C_8	— 0.1658	— 0.1658	— 0.0303	+ 0.2177	— 0.456	+ 0.0319
C_9	— 0.0607	— 0.2264	— 0.0151	+ 0.3883	— 0.261	+ 0.0056
C_{10}	+ 0.0607	— 0.2264	+ 0.0151	+ 0.5937	— 0.150	+ 0.0013
C_{11}	+ 0.1658	— 0.1658	+ 0.0303	+ 0.3845	— 0.379	+ 0.0178
C_{12}	+ 0.2264	— 0.0607	+ 0.0151	+ 0.2905	— 0.166	+ 0.0007

TABLE IV.

Equations of transformation for the coefficients of the fourth order.

	a'_1	a'_2	a'_3	a'_4	a'_5	a'_6	a'_7	a'_8	a'_9	a'_{10}	a'_{11}	a'_{12}
A_1	+ 1.0000	0.0000		0.0000		0.0000				0.0000		
A_2	+ 1.0000	0.0000		0.0000		0.0000				0.0000		
B_1	+ 0.0091	+ 0.8183		— 0.2659		— 0.0280				+ 0.0863		
B_2	+ 0.4284	+ 0.1194		— 0.1643		— 0.3112				+ 0.2261		
B_3	+ 1.0000	0.0000		0.0000		0.0000				0.0000		
B_4	+ 0.4284	+ 0.1194		+ 0.1643		+ 0.3112				+ 0.2261		
B_5	+ 0.0091	+ 0.8183		+ 0.2659		+ 0.0280				+ 0.0863		
B_6	+ 0.0091	+ 0.8183		— 0.2659		— 0.0280				+ 0.0863		
B_7	+ 0.4284	+ 0.1194		— 0.1643		— 0.3112				+ 0.2261		
B_8	+ 1.0000	0.0000		0.0000		0.0000				0.0000		
B_9	+ 0.4284	+ 0.1194		+ 0.1643		+ 0.3112				+ 0.2261		
B_{10}	+ 0.0091	+ 0.8183		+ 0.2659		+ 0.0280				+ 0.0863		
C_1	+ 0.0045	+ 0.8705		— 0.2333		— 0.0152				+ 0.0625		
C_2	+ 0.2500	+ 0.2500		— 0.2500		— 0.2500				+ 0.2500		
C_3	+ 0.8705	+ 0.0045		— 0.0168		— 0.2333				+ 0.0625		
C_4	+ 0.8705	+ 0.0045		+ 0.0168		+ 0.2333				+ 0.0625		
C_5	+ 0.2500	+ 0.2500		+ 0.2500		+ 0.2500				+ 0.2500		
C_6	+ 0.0045	+ 0.8705		+ 0.2333		+ 0.0152				+ 0.0625		
C_7	+ 0.0045	+ 0.8705		— 0.2333		— 0.0152				+ 0.0625		
C_8	+ 0.2500	0.2500		— 0.2500		— 0.2500				+ 0.2500		
C_9	+ 0.8705	+ 0.0045		— 0.0158		— 0.2333				+ 0.0625		
C_{10}	+ 0.8705	+ 0.0045		+ 0.0168		+ 0.2333				+ 0.0625		
C_{11}	+ 0.2500	+ 0.2500		+ 0.2500		+ 0.2500				+ 0.2500		
C_{12}	+ 0.0045	+ 0.8705		+ 0.2333		+ 0.0152				+ 0.0625		

	a'_{13}	a'_{14}	a'_{15}	S	a'_{16}	a'_{17}	a'_{18}	a'_{19}	a'_{20}
A_1				1.0000	+ 0.424	— 0.044	0.010	— 0.194	— 0.000
A_2				+ 1.0000	+ 0.145	+ 0.005	0.000	— 0.068	— 0.000
B_1				+ 0.6198	+ 1.988	— 0.659	+ 0.304	— 0.808	— 0.010
B_2				+ 0.2984	+ 0.483	— 0.168	+ 0.072	— 0.154	— 0.003
B_3				+ 1.0000	+ 0.075	— 0.000	+ 0.004	— 0.053	0.000
B_4				+ 1.2494	+ 0.419	— 0.026	+ 0.088	— 0.265	— 0.002
B_5				+ 1.2076	+ 2.050	— 0.767	+ 0.765	— 1.209	— 0.040
B_6				+ 0.6198	+ 0.778	— 0.081	+ 0.334	— 0.894	— 0.010
B_7				+ 0.2984	+ 3.144	— 1.163	+ 0.478	— 1.490	— 0.013
B_8				+ 1.0000	+ 0.810	— 0.092	+ 0.011	— 0.229	0.000
B_9				+ 1.2494	+ 0.533	— 0.163	+ 0.057	— 0.106	— 0.003
B_{10}				+ 1.2076	+ 1.254	— 0.126	+ 0.201	— 0.430	— 0.008
C_1				+ 0.6890	+ 3.062	+ 0.622	+ 0.512	— 1.708	— 0.013
C_2				+ 1.2500	+ 2.347	— 0.308	+ 0.442	— 1.051	— 0.016
C_3				+ 0.6874	+ 0.558	+ 0.022	+ 0.088	— 0.261	— 0.002
C_4				+ 1.1876	+ 0.673	+ 0.054	+ 0.019	— 0.192	0.000
C_5				+ 1.2500	+ 1.125	— 0.474	+ 0.296	— 0.548	— 0.013
C_6				+ 1.1860	+ 5.039	— 0.333	+ 0.822	— 2.739	— 0.021
C_7				+ 0.6890	+ 1.674	— 0.335	+ 0.450	— 1.044	— 0.016
C_8				+ 0.2500	+ 2.953	— 0.717	+ 0.687	— 1.946	— 0.020
C_9				+ 0.6874	+ 0.877	+ 0.013	+ 0.021	— 0.232	0.000
C_{10}				+ 1.1876	+ 0.419	— 0.087	+ 0.027	— 0.142	0.000
C_{11}				+ 1.2500	+ 1.857	— 0.262	+ 0.244	— 0.795	— 0.006
C_{12}				+ 1.1860	+ 1.844	— 0.943	+ 0.915	— 1.471	— 0.047

	b'_1	b'_2	b'_3	b'_4	b'_5	b'_6	b'_7
A_1	0.0000	0.9405	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
A_2	0.0000	0.9405	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B_1	0.2060	0.0023	0.2483	+ 0.0071	— 0.2370	+ 0.0670	— 0.2159
B_2	0.0300	0.1078	0.2483	+ 0.0783	— 0.1465	+ 0.0413	— 0.0509
B_3	0.0000	0.2517	0.2483	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B_4	0.0300	0.1078	0.2483	— 0.0783	+ 0.1465	— 0.0413	+ 0.0509
B_5	0.2060	0.0023	0.2483	— 0.0071	+ 0.2370	— 0.0670	+ 0.2159
B_6	0.2060	0.0023	0.2483	+ 0.0071	+ 0.2370	+ 0.0670	+ 0.2159
B_7	0.0300	0.1078	0.2483	+ 0.0783	+ 0.1465	+ 0.0413	+ 0.0509
B_8	0.0000	0.2517	0.2483	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B_9	0.0300	0.1078	0.2483	— 0.0783	— 0.1465	— 0.0413	— 0.0509
B_{10}	0.2060	0.0023	0.2483	— 0.0071	— 0.2370	— 0.0670	— 0.2159
C_1	0.0034	0.0000	0.8791	+ 0.0001	— 0.2192	+ 0.0009	— 0.0136
C_2	0.0010	0.0010	0.8791	+ 0.0010	— 0.1605	+ 0.0010	— 0.0054
C_3	0.0000	0.0034	0.8791	+ 0.0009	— 0.0587	+ 0.0001	— 0.0003
C_4	0.0000	0.0034	0.8791	— 0.0009	+ 0.0587	— 0.0001	+ 0.0003
C_5	0.0010	0.0010	0.8791	— 0.0010	+ 0.1605	— 0.0010	+ 0.0054
C_6	0.0034	0.0000	0.8791	— 0.0001	+ 0.2192	— 0.0009	+ 0.0136
C_7	0.0034	0.0000	0.8791	+ 0.0001	+ 0.2192	+ 0.0009	+ 0.0136
C_8	0.0010	0.0010	0.8791	+ 0.0010	+ 0.1605	+ 0.0010	+ 0.0054
C_9	0.0000	0.0034	0.8791	+ 0.0009	+ 0.0587	+ 0.0001	+ 0.0003
C_{10}	0.0000	0.0034	0.8791	— 0.0009	— 0.0587	— 0.0001	— 0.0003
C_{11}	0.0010	0.0010	0.8791	— 0.0010	— 0.1605	— 0.0010	— 0.0054
C_{12}	0.0034	0.0000	0.8791	— 0.0001	— 0.2192	— 0.0009	— 0.0136

	b'_8	b'_9	b'_{10}	b'_{11}	b'_{12}	b'_{13}	b'_{14}
A_1	— 0.0051	— 0.1658	0.0000	0.0000	+ 0.0292	0.0000	0.0000
A_2	+ 0.0051	+ 0.1658	0.0000	0.0000	+ 0.0292	0.0000	0.0000
B_1	— 0.0770	— 0.0074	+ 0.0217	+ 0.2262	+ 0.0239	— 0.0701	— 0.0228
B_2	— 0.2016	— 0.1328	+ 0.0569	+ 0.0863	+ 0.1636	— 0.0701	— 0.0960
B_3	— 0.2492	— 0.2509	0.0000	0.0000	+ 0.2500	0.0000	0.0000
B_4	— 0.2016	— 0.1328	+ 0.0569	+ 0.0863	+ 0.1636	— 0.0701	+ 0.0960
B_5	— 0.0770	— 0.0074	+ 0.0217	+ 0.2262	+ 0.0239	— 0.0701	+ 0.0228
B_6	+ 0.0770	+ 0.0074	+ 0.0217	+ 0.2262	+ 0.0239	+ 0.0701	+ 0.0228
B_7	+ 0.2016	+ 0.1328	+ 0.0569	+ 0.0863	+ 0.1636	+ 0.0701	+ 0.0960
B_8	+ 0.2492	+ 0.2509	0.0000	0.0000	+ 0.2500	0.0000	0.0000
B_9	+ 0.2016	+ 0.1328	+ 0.0569	+ 0.0863	+ 0.1636	+ 0.0701	— 0.0960
B_{10}	+ 0.0770	+ 0.0074	+ 0.0217	+ 0.2262	+ 0.0239	+ 0.0701	— 0.0228
C_1	— 0.0587	— 0.0003	+ 0.0002	+ 0.0547	+ 0.0039	— 0.0037	— 0.0010
C_2	— 0.1605	— 0.0054	+ 0.0010	+ 0.0293	+ 0.0293	— 0.0054	— 0.0054
C_3	— 0.2192	— 0.0136	+ 0.0002	+ 0.0039	+ 0.0547	— 0.0010	— 0.0037
C_4	— 0.2192	— 0.0136	+ 0.0002	+ 0.0039	+ 0.0547	— 0.0010	+ 0.0037
C_5	— 0.1605	— 0.0054	+ 0.0010	+ 0.0293	+ 0.0293	— 0.0054	+ 0.0054
C_6	— 0.0587	— 0.0003	+ 0.0002	+ 0.0547	+ 0.0039	— 0.0037	+ 0.0010
C_7	+ 0.0587	+ 0.0003	+ 0.0002	+ 0.0547	+ 0.0039	+ 0.0037	+ 0.0010
C_8	+ 0.1605	+ 0.0054	+ 0.0010	+ 0.0293	+ 0.0293	+ 0.0054	+ 0.0054
C_9	+ 0.2192	+ 0.0136	+ 0.0002	+ 0.0039	+ 0.0547	+ 0.0010	+ 0.0037
C_{10}	+ 0.2192	+ 0.0136	+ 0.0002	+ 0.0039	+ 0.0547	+ 0.0010	— 0.0037
C_{11}	+ 0.1605	+ 0.0054	+ 0.0010	+ 0.0293	+ 0.0293	+ 0.0054	— 0.0054
C_{12}	+ 0.0587	+ 0.0003	+ 0.0002	+ 0.0547	+ 0.0039	+ 0.0037	— 0.0010

	b'_{15}	S	b'_{16}	b'_{17}	b'_{18}	b'_{19}	b'_{20}
A_1	0.0000	+ 0.7997	+ 1.698	— 0.272	+ 0.254	— 0.841	— 0.006
A_2	0.0000	+ 0.1415	+ 2.816	— 0.115	+ 0.577	— 1.154	— 0.024
B_1	+ 0.0735	+ 0.2458	+ 1.167	— 0.050	+ 0.092	— 0.158	— 0.005
B_2	+ 0.1189	+ 0.2335	+ 0.598	— 0.359	+ 0.153	— 0.152	— 0.013
B_3	0.0000	+ 0.2499	+ 1.065	— 0.436	+ 0.479	— 0.521	— 0.037
B_4	— 0.1189	+ 0.3433	+ 0.544	— 0.147	+ 0.164	— 0.266	— 0.008
B_5	— 0.0735	+ 0.9020	+ 2.084	— 0.580	+ 0.245	— 0.727	— 0.007
B_6	+ 0.0735	+ 1.5062	+ 0.347	— 0.023	+ 0.019	— 0.200	0.000
B_7	+ 0.1189	+ 1.6293	+ 3.981	— 0.058	+ 0.047	— 1.693	0.000
B_8	0.0000	+ 1.2501	+ 3.255	— 0.327	+ 0.071	— 1.258	0.000
B_9	— 0.1189	+ 0.5655	+ 1.142	+ 0.006	0.000	— 0.284	0.000
B_{10}	— 0.0735	+ 0.2596	+ 0.255	— 0.007	+ 0.005	— 0.105	0.000
C_1	+ 0.0147	+ 0.6605	+ 0.710	— 0.266	+ 0.174	— 0.313	— 0.008
C_2	+ 0.0293	+ 0.6294	+ 1.548	+ 0.184	+ 0.219	— 0.266	— 0.015
C_3	+ 0.0147	+ 0.6605	+ 0.314	— 0.199	+ 0.105	— 0.087	— 0.010
C_4	— 0.0147	+ 0.7545	+ 1.159	— 0.485	+ 0.195	— 0.319	— 0.010
C_5	— 0.0293	+ 0.9094	+ 2.693	— 1.482	+ 0.575	— 0.774	— 0.036
C_6	— 0.0147	+ 1.0767	+ 0.821	— 0.167	+ 0.122	— 0.186	— 0.007
C_7	+ 0.0147	+ 1.2535	+ 2.184	— 0.155	+ 0.095	— 0.681	— 0.001
C_8	+ 0.0293	+ 1.3146	+ 0.404	— 0.125	+ 0.132	— 0.314	— 0.005
C_9	+ 0.0147	+ 1.2535	+ 1.128	— 0.125	+ 0.042	— 0.327	0.000
C_{10}	— 0.0147	+ 1.0967	+ 1.150	— 0.119	+ 0.015	— 0.286	0.000
C_{11}	— 0.0293	+ 0.9094	+ 0.846	— 0.182	+ 0.090	— 0.320	— 0.002
C_{12}	— 0.0147	+ 0.7545	+ 1.150	— 0.048	+ 0.014	— 0.509	0.000

	c'_1	c'_2	c'_3	c'_4	c'_5	c'_6	c'_7	c'_8	c'_9	c'_{10}	c'_{11}
A_1	0.0000	0.0000		0.0000		+ 0.9848	— 0.1736		0.0000	0.0000	
A_2	0.0000	0.0000		0.0000		+ 0.9848	+ 0.1736		0.0000	0.0000	
B_1	+ 0.0796	— 0.7532		— 0.3960		— 0.1770	— 0.0208		+ 0.6073	+ 0.3368	
B_2	+ 0 8816	— 0.4656		+ 0.3959		— 0.1770	— 0.3738		+ 0.1433	— 0.2080	
B_3	0.0000	0.0000		0.0000		+ 0.7083	— 0.7059		0.0000	0.0000	
B_4	— 0.8816	+ 0.4656		+ 0.3959		— 0.1770	— 0.3738		— 0 1433	+ 0.2080	
B_5	— 0.0796	+ 0 7532		— 0.3960		— 0 1770	— 0.0208		— 0.6073	— 0.3368	
B_6	+ 0.0796	— 0.7532		— 0.3960		— 0.1770	+ 0.0208		— 0.6073	+ 0.3368	
B_7	+ 0.8816	— 0.4656		+ 0 3959		— 0.1770	+ 0.3738		— 0.1433	— 0.2080	
B_8	0.0000	0.0000		0.0000		+ 0.7083	+ 0.7059		0.0000	0.0000	
B_9	— 0.8816	+ 0.4656		+ 0.3959		— 0.1770	+ 0.3738		+ 0.1433	+ 0.2080	
B_{10}	— 0 0796	+ 0.7532		— 0.3960		— 0.1770	+ 0.0208		+ 0.6073	— 0.3368	
C_1	+ 0.0168	— 0.2332		— 0.1707		— 0.0458	— 0.0168		+ 0.8726	+ 0.1082	
C_2	+ 0.2500	— 0.2500		+ 0.1250		— 0.1250	— 0.3424		+ 0.3424	0.0000	
C_3	+ 0.2332	— 0.0168		+ 0.0458		+ 0.1707	— 0.8726		+ 0.0168	— 0.1082	
C_4	— 0.2332	+ 0.0168		+ 0.0458		+ 0.1707	— 0.8726		— 0.0168	+ 0.1082	
C_5	— 0.2500	+ 0.2500		+ 0.1250		— 0.1250	— 0.3424		— 0.3424	0.0000	
C_6	— 0.0168	+ 0.2332		— 0.1707		— 0.0458	— 0.0168		— 0.8726	— 0.1082	
C_7	+ 0.0168	— 0.2332		— 0.1707		— 0.0458	+ 0.0168		— 0.8726	+ 0.1082	
C_8	+ 0.2500	— 0.2500		+ 0.1250		— 0.1250	+ 0.3424		— 0.3424	0.0000	
C_9	+ 0.2332	— 0.0168		+ 0.0458		+ 0.1707	+ 0.8726		— 0.0168	— 0 1082	
C_{10}	— 0.2332	+ 0.0168		+ 0.0458		+ 0.1707	+ 0.8726		+ 0.0168	+ 0.1082	
C_{11}	— 0.2500	+ 0.2500		+ 0.1250		— 0.1250	+ 0.3424		+ 0.3424	0.0000	
C_{12}	— 0.0168	+ 0.2332		— 0.1707		— 0.0458	+ 0.0168		+ 0.8726	— 0.1082	

	c'_{12}	c'_{13}	c'_{14}	c'_{15}	S	c'_{16}	c'_{17}	c'_{18}	c'_{19}	c'_{20}
A_1		0.0000	0.0000		+ 0.8112	— 1.335	+ 0.244	— 0.078	+ 0.367	+ 0.001
A_2		0.0000	0.0000		+ 1.1584	+ 0.108	+ 0.092	+ 0.006	— 0.100	— 0.000
B_1		+ 0.0640	— 0.1973		— 0.4566	— 0.576	+ 0.936	— 0.546	+ 0.209	+ 0.032
B_2		+ 0.2716	— 0.1973		+ 0 2707	— 0.833	+ 0.579	— 0.287	+ 0.329	+ 0.016
B_3		0.0000	0.0000		+ 0.0024	+ 0.110	+ 0.041	— 0.050	— 0.021	+ 0.001
B_4		— 0.2716	— 0.1973		— 0.9751	+ 0.534	— 0.003	+ 0.312	— 0.433	— 0.013
B_5		— 0.0640	— 0.1973		— 1.1256	+ 0.140	— 0 655	+ 1.099	— 0.363	— 0.104
B_6		— 0.0640	+ 0.1973		— 1.3630	— 0.707	+ 0.155	+ 0.068	+ 0.876	— 0.015
B_7		— 0.2716	+ 0.1973		+ 0.5831	— 5.741	+ 1.970	— 0.734	+ 2.777	+ 0.016
B_8		0.0000	0.0000		+ 1.4142	+ 0.597	— 0.197	+ 0.044	— 0.309	— 0.000
B_9		+ 0.2716	+ 0.1973		+ 0.9969	+ 1.937	— 0.437	+ 0.073	— 0.289	+ 0.000
B_{10}		+ 0.0640	+ 0.1973		+ 0.6532	+ 1.018	+ 0.326	+ 0.040	— 0.570	+ 0.007
C_1		+ 0.0627	— 0.2338		+ 0.3600	+ 2.904	+ 0.652	— 0.865	— 0.309	+ 0.046
C_2		+ 0 3424	— 0.3424		0.0000	+ 3.272	+ 0.463	— 0.760	— 0.518	+ 0.062
C_3		+ 0.2338	— 0.0627		— 0.3600	+ 0.480	+ 0.139	— 0.235	— 0.099	+ 0.014
C_4		— 0.2338	— 0.0627		— 1.0776	— 0.473	+ 0.062	+ 0.103	+ 0.098	— 0.002
C_5		— 0.3424	— 0.3424		— 1.3696	— 0.679	— 0.932	+ 0.740	+ 0.060	— 0.068
C_6		— 0 0627	— 0.2338		— 1.2942	— 4.019	— 2.039	+ 1.083	+ 1.053	— 0.062
C_7		— 0.0627	+ 0.2338		— 1.0094	— 1.998	— 0.433	+ 0.225	+ 1.088	— 0.033
C_8		— 0.3424	+ 0.3424		0.0000	— 0 351	— 1.164	+ 0.979	— 0.180	— 0.056
C_9		— 0.2338	+ 0.0627		+ 1.0094	— 2.013	— 0.167	+ 0.041	+ 0.312	— 0.001
C_{10}		+ 0.2338	+ 0.0627		+ 1.2942	— 0.494	+ 0.227	— 0.041	+ 0.081	+ 0.001
C_{11}		+ 0.3424	+ 0.3424		+ 1.3696	— 1.573	+ 0.449	— 0.354	— 0.118	+ 0.019
C_{12}		+ 0.0627	+ 0.2338		+ 1.0776	+ 1.115	— 0.309	— 0.218	— 0.232	+ 0.030

	d'_1	d'_2	d'_3	d'_4	d'_5	d'_6	d'_7	d'_8	d'_9	d'_{10}	d'_{11}
A_1	0.0000	0.0000		+ 0.9551	− 0.0052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
A_2	0.0000	0.0000		+ 0.9551	+ 0.0052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B_1	+ 0.3780	− 0.0400		− 0.0889	− 0.1087	− 0.1987	− 0.2970	+ 0.3345	+ 0.0966	− 0.1690	+ 0.2074
B_2	+ 0.2336	− 0.4424		− 0.0889	− 0.2846	+ 0.1986	− 0.2970	+ 0.2067	+ 0.4086	+ 0.1044	+ 0.3356
B_3	0.0000	0.0000		+ 0.3554	− 0.3517	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B_4	− 0.2336	+ 0.4424		− 0.0889	− 0.2846	+ 0.1986	− 0.2970	− 0.2067	− 0.4086	− 0.1044	− 0.3356
B_5	− 0.3780	+ 0.0400		− 0.0889	− 0.1087	− 0.1986	− 0.2970	− 0.3345	− 0.0966	+ 0.1690	− 0.2074
B_6	+ 0.3780	− 0.0400		− 0.0889	+ 0.1087	− 0.1986	+ 0.2970	− 0.3345	− 0.0966	− 0.1690	+ 0.2074
B_7	+ 0.2336	− 0.4424		− 0.0889	+ 0.2846	+ 0.1986	+ 0.2970	− 0.2067	− 0.4086	+ 0.1044	+ 0.3256
B_8	0.0000	0.0000		+ 0.3554	+ 0.3517	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B_9	− 0.2336	+ 0.4424		− 0.0889	+ 0.2846	+ 0.1986	+ 0.2970	+ 0.2067	+ 0.4086	− 0.1044	− 0.3356
B_{10}	− 0.3780	+ 0.0400		− 0.0889	+ 0.1087	− 0.1986	+ 0.2970	+ 0.3345	+ 0.0966	+ 0.1690	− 0.2074
C_1	+ 0.0144	− 0.0012		− 0.0029	− 0.2349	− 0.0106	− 0.0438	+ 0.8769	+ 0.0117	− 0.0066	+ 0.1172
C_2	+ 0.0156	− 0.0156		− 0.0078	− 0.6420	+ 0.0078	− 0.0642	+ 0.6420	+ 0.0642	0.0000	+ 0.2344
C_3	+ 0.0012	− 0.0144		+ 0.0106	− 0.8769	+ 0.0029	− 0.0117	+ 0.2350	+ 0.0438	+ 0.0066	+ 0.1172
C_4	− 0.0012	+ 0.0144		+ 0.0106	− 0.8769	+ 0.0029	− 0.0117	− 0.2350	− 0.0438	− 0.0066	− 0.1172
C_5	− 0.0156	+ 0.0156		− 0.0078	− 0.6420	+ 0.0078	− 0.0642	− 0.6420	− 0.0642	0.0000	− 0.2344
C_6	− 0.0144	+ 0.0012		− 0.0029	− 0.2349	− 0.0106	− 0.0438	− 0.8769	− 0.0117	+ 0.0066	− 0.1172
C_7	+ 0.0144	− 0.0012		− 0.0029	+ 0.2349	− 0.0106	+ 0.0438	− 0.8769	− 0.0117	− 0.0066	+ 0.1172
C_8	+ 0.0156	− 0.0156		− 0.0078	+ 0.6420	+ 0.0078	+ 0.0642	− 0.6420	− 0.0642	0.0000	+ 0.2344
C_9	+ 0.0012	− 0.0144		+ 0.0106	+ 0.8769	+ 0.0029	+ 0.0117	− 0.2350	− 0.0438	+ 0.0066	+ 0.1172
C_{10}	− 0.0012	+ 0.0144		+ 0.0106	+ 0.8769	+ 0.0029	+ 0.0117	+ 0.2350	+ 0.0438	− 0.0066	− 0.1172
C_{11}	− 0.0156	+ 0.0156		− 0.0078	+ 0.6420	+ 0.0078	+ 0.0642	+ 0.6420	+ 0.0642	0.0000	− 0.2344
C_{12}	− 0.0144	+ 0.0012		− 0.0029	+ 0.2349	− 0.0106	+ 0.0438	+ 0.8769	+ 0.0117	+ 0.0066	− 0.1172

	d'_{12}	d'_{13}	d'_{14}	d'_{15}	S	d'_{16}	d'_{17}	d'_{18}	d'_{19}	d'_{20}
A_1	0.0000	0.0000	− 0.1685	+ 0.0296	+ 0.8110	− 3.195	+ 0.573	− 0.261	+ 0.764	+ 0.007
A_2	0.0000	0.0000	+ 0.1685	+ 0.0296	+ 1.1584	− 0.009	+ 0.215	+ 0.164	− 0.410	+ 0.005
B_1	− 0.2074	+ 0.2404	+ 0.1876	− 0.2856	+ 0.0492	− 0.248	− 0.433	− 0.251	+ 0.092	+ 0.022
B_2	− 0.3356	− 0.2016	+ 0.0105	+ 0.1091	− 0.0430	− 1.609	+ 0.971	− 0.373	+ 0.326	+ 0.035
B_3	0.0000	0.0000	− 0.3541	+ 0.3529	+ 0.0025	+ 0.780	− 0.170	− 0.129	− 0.067	+ 0.024
B_4	+ 0.3356	+ 0.2016	+ 0.0105	+ 0.1091	− 0.6616	+ 1.059	− 0.194	+ 0.374	− 0.433	− 0.025
B_5	+ 0.2074	− 0.2404	+ 0.1876	− 0.2856	− 1.6317	+ 0.555	− 1.351	+ 0.811	− 0.281	− 0.043
B_6	− 0.2074	− 0.2404	− 0.1876	− 0.2586	− 0.8575	− 0.643	− 0.157	+ 0.090	+ 0.415	− 0.002
B_7	− 0.3356	+ 0.2016	− 0.0105	+ 0.1091	+ 0.2718	− 7.220	+ 0.680	− 0.349	+ 2.961	+ 0.002
B_8	0.0000	0.0000	+ 0.3541	+ 0.3529	+ 1.4142	+ 1.857	− 0.309	+ 0.106	− 0.725	− 0.001
B_9	+ 0.3356	− 0.2016	− 0.0105	+ 0.1091	+ 1.3080	+ 2.207	− 0.134	− 0.007	− 0.473	0.000
B_{10}	+ 0.2074	+ 0.2404	− 0.1876	− 0.2856	+ 0.1475	+ 0.484	+ 0.053	− 0.040	− 0.282	0.000
C_1	− 0.1172	+ 0.0467	+ 0.0281	− 0.2030	+ 0.4748	+ 0.923	+ 0.064	− 0.354	− 0.132	+ 0.036
C_2	− 0.2344	− 0.0214	+ 0.0214	0.0000	0.0000	+ 4.046	+ 0.465	− 0.334	− 0.261	+ 0.061
C_3	− 0.1172	− 0.0281	− 0.0467	+ 0.2030	− 0.4747	+ 0.031	+ 0.003	− 0.111	− 0.057	+ 0.029
C_4	+ 0.1172	+ 0.0281	− 0.0467	+ 0.2030	− 0.9629	− 1.230	+ 0.405	+ 0.101	+ 0.126	− 0.014
C_5	+ 0.2344	+ 0.0214	+ 0.0214	0.0000	− 1.3696	− 0.231	− 1.258	+ 0.872	+ 0.071	− 0.111
C_6	+ 0.1172	− 0.0467	+ 0.0281	− 0.2030	− 1.4090	− 0.655	− 0.009	+ 0.233	+ 0.274	− 0.035
C_7	− 0.1172	− 0.0467	− 0.0281	− 0.2030	− 0.8946	− 1.680	− 0.228	+ 0.310	+ 0.879	− 0.009
C_8	− 0.2344	+ 0.0214	− 0.0214	0.0000	0.0000	+ 0.143	− 0.369	+ 0.395	− 0.072	− 0.027
C_9	− 0.1172	+ 0.0281	+ 0.0467	+ 0.2030	+ 0.8945	− 2.669	+ 0.272	+ 0.041	+ 0.371	− 0.001
C_{10}	+ 0.1172	− 0.0281	+ 0.0467	+ 0.2030	+ 1.4091	− 1.009	+ 0.297	− 0.051	+ 0.114	0.000
C_{11}	+ 0.2344	− 0.0214	− 0.0214	0.0000	+ 1.3696	− 1.099	+ 0.199	− 0.226	− 0.075	+ 0.011
C_{12}	+ 0.1172	+ 0.0467	− 0.0281	− 0.2030	+ 0.9598	+ 0.415	+ 0.307	− 0.169	− 0.136	+ 0.001

	e'_1	e'_2	e'_3	e'_4	e'_5	e'_6	e'_7	e'_8	e'_9	e'_{10}	e'_{11}	e'_{12}
A_1	0.0000	0.0000		0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	+ 0.9698	+ 0.0301	0.0000
A_2	0.0000	0.0000		0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	+ 0.9698	+ 0.0301	0.0000
B_1	+ 0.2598	+ 0.2598		+ 0.3580		— 0.3580	— 0.1361		— 0.4193	+ 0.2420	+ 0.0475	+ 0.4507
B_2	+ 0.6804	+ 0.6804		— 0.2210		+ 0.2212	— 0.5070		— 0.4193	— 0.1788	+ 0.3261	+ 0.1722
B_3	0.0000	0.0000		0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	+ 0.5017	+ 0.4983	0.0000
B_4	+ 0.6804	+ 0.6804		+ 0.2210		— 0.2212	+ 0.5070		— 0.4193	— 0.1788	+ 0.3261	+ 0.1722
B_5	+ 0.2598	+ 0.2598		— 0.3580		+ 0.3580	+ 0.1361		— 0.4193	+ 0.2420	+ 0.0475	+ 0.4507
B_6	+ 0.2598	+ 0.2598		+ 0.3580		— 0.3580	+ 0.1361		+ 0.4193	+ 0.2420	+ 0.0475	+ 0.4507
B_7	+ 0.6804	+ 0.6804		— 0.2210		+ 0.2212	+ 0.5070		+ 0.4193	— 0.1788	+ 0.3261	+ 0.1722
B_8	0.0000	0.0000		0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	+ 0.5017	+ 0.4983	0.0000
B_9	+ 0.6804	+ 0.6804		+ 0.2210		— 0.2212	— 0.5070		+ 0.4193	— 0.1788	+ 0.3261	+ 0.1722
B_{10}	+ 0.2598	+ 0.2598		— 0.3580		+ 0.3580	— 0.1361		+ 0.4193	+ 0.2420	+ 0.0475	+ 0.4507
C_1	+ 0.0234	+ 0.0234		+ 0.0405		— 0.0406	— 0.0469		— 0.1751	+ 0.0391	+ 0.0628	+ 0.8748
C_2	+ 0.0942	+ 0.0942		0.0000		0.0000	— 0.2568		— 0.2568	— 0.0312	+ 0.4688	+ 0.4688
C_3	+ 0.0234	+ 0.0234		— 0.0406		+ 0.0406	— 0.1751		— 0.0469	+ 0.0391	+ 0.8748	+ 0.0628
C_4	+ 0.0234	+ 0.0234		+ 0.0406		— 0.0406	+ 0.1751		— 0.0469	+ 0.0391	+ 0.8748	+ 0.0628
C_5	+ 0.0942	+ 0.0942		0.0000		0.0000	+ 0.2568		— 0.2568	— 0.0312	+ 0.4688	+ 0.4688
C_6	+ 0.0234	+ 0.0234		— 0.0405		+ 0.0406	+ 0.0469		— 0.1751	+ 0.0391	+ 0.0628	+ 0.8748
C_7	+ 0.0234	+ 0.0234		+ 0.0405		— 0.0406	+ 0.0469		+ 0.1751	+ 0.0391	+ 0.0628	+ 0.8748
C_8	+ 0.0942	+ 0.0942		0.0000		0.0000	+ 0.2568		+ 0.2568	— 0.0312	+ 0.4688	+ 0.4688
C_9	+ 0.0234	+ 0.0234		— 0.0406		+ 0.0405	+ 0.1751		+ 0.0469	+ 0.0391	+ 0.8748	+ 0.0628
C_{10}	+ 0.0234	+ 0.0234		+ 0.0406		— 0.0405	— 0.1751		+ 0.6469	+ 0.0391	+ 0.8748	+ 0.0628
C_{11}	+ 0.0942	+ 0.0942		0.0000		0.0000	— 0.2568		+ 0.2568	— 0.0312	+ 0.4688	+ 0.4688
C_{12}	+ 0.0234	+ 0.0234		— 0.0405		+ 0.0406	— 0.0469		+ 0.1751	+ 0.0391	+ 0.0628	+ 0.8748

	e'_{13}	e'_{14}	e'_{15}	S	e'_{16}	e'_{17}	e'_{18}	e'_{19}	e'_{20}
A_1	— 0.1710	0.0000	0.0000	+ 0.8289	+ 3.376	— 0.466	+ 0,209	— 0.894	— 0.003
A_2	+ 0.1710	0.0000	0.0000	+ 1.1709	+ 0.809	+ 0.102	+ 0.153	— 0.580	— 0.001
B_1	+ 0.2648	— 0.3393	— 0.1464	+ 0.4835	+ 3.196	+ 0.277	+ 0.408	— 0.721	— 0.039
B_2	+ 0.0148	+ 0.2831	— 0.2369	+ 0.7452	+ 1.611	— 0.984	+ 0.450	— 0.394	— 0.036
B_3	— 0.5000	0.0000	0.0000	+ 0.5000	+ 0.717	— 0.206	+ 0.156	— 0.333	— 0.006
B_4	+ 0.0148	— 0.2831	+ 0.2369	+ 1.8063	+ 0.240	— 0.018	+ 0.448	— 0.619	— 0.027
B_5	+ 0.2648	+ 0.3393	+ 0.1464	+ 1.7271	+ 2.478	— 0.803	+ 1.057	— 1.888	— 0.100
B_6	— 0.2648	+ 0.3393	— 0.1464	+ 1.7433	+ 1.116	— 0.204	+ 0.085	— 0.953	— 0.008
B_7	— 0.0148	— 0.2831	— 0.2369	+ 2.1420	+ 10.302	— 2.103	+ 0.823	— 3.823	— 0.007
B_8	+ 0.5000	0.0000	0.0000	+ 1.5000	+ 1.949	— 0.141	+ 0.081	— 1.125	— 0.001
B_9	— 0.0148	+ 0.2831	+ 0.2369	+ 2.0276	+ 3.594	— 0.563	+ 0.087	— 0.456	0.000
B_{10}	— 0.2648	— 0.3393	+ 0.1464	+ 0.0853	+ 1.448	— 0.167	+ 0.048	— 0.520	— 0.003
C_1	+ 0.1128	— 0.1869	— 0.2344	+ 0.4929	+ 3.831	— 0.811	+ 0.544	— 1.470	— 0.061
C_2	+ 0.0856	+ 0.0856	— 0.4688	+ 0.2836	+ 7.169	— 0.812	+ 0.442	— 1.089	— 0.092
C_3	— 0.1869	+ 0.1128	— 0.2344	+ 0.4930	+ 0.687	— 0.153	+ 0.185	— 0.306	— 0.030
C_4	— 0.1866	— 0.1128	+ 0.2344	+ 1.0864	+ 3.397	— 0.045	+ 0.149	— 0.502	— 0.008
C_5	+ 0.0856	— 0.0856	+ 0.4688	+ 1.5636	+ 5.098	— 0.494	+ 0.795	— 1.303	— 0.131
C_6	+ 0.1128	+ 0.1869	+ 0.2344	+ 1.4295	+ 7.360	— 1.066	+ 0.442	— 1.476	— 0.070
C_7	— 0.1128	+ 0.1869	— 0.2344	+ 1.0851	+ 3.783	+ 0.016	+ 0.242	— 1.829	— 0.025
C_8	— 0.0856	— 0.0856	— 0.4688	+ 0.9684	+ 1.965	— 0.733	+ 0.647	— 1.556	— 0.058
C_9	+ 0.1829	— 0.1128	— 0.2344	+ 1.0851	+ 4.366	+ 0.048	+ 0.024	— 0.603	— 0.002
C_{10}	+ 0.1869	+ 0.1128	+ 0.2344	+ 1.4295	+ 1.700	— 0.280	+ 0.059	— 0.409	— 0.001
C_{11}	— 0.0856	+ 0.0856	+ 0.0688	+ 1.5636	+ 3.962	— 0.138	+ 0.270	— 1.012	— 0.022
C_{12}	— 0.1128	— 0.1869	+ 0.2344	+ 1.0865	+ 2.183	+ 0.029	+ 0.539	— 1.735	— 0.007

Table of contents.

Printing finished April 13, 1915.

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 11. N:r 10.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 26. N:r 10.

STELLAR VELOCITY DISTRIBUTION

AS DERIVED FROM OBSERVATIONS IN THE LINE OF SIGHT

BY

WALTER GYLLENBERG

WITH 18 FIGURES IN TEXT

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Read in the Royal Physiographical Society April 14, 1915.

LUND 1915
PRINTED BY HÅKAN OHLSSON

In the years 1911—1913 PROF. CHARLIER delivered a series of lectures on *Stellar Statistics* of which an account is given in *Meddelande* No. 8 and 9 serie II of the *Lund Observatory.* In accession to the work of CHARLIER a series of investigations on *Stellar Statistics* have been published in the *Meddelande* series I and II by several astronomers of the Observatory. The following memoir is one of this series. It contains a statistical research on the radial velocities for which the characteristics of the velocity distribution are given principally to the second order.

CHAPTER I.

Historical Introduction.

1. The history of the radial velocity determinations of the stars is — as far as the last century is concerned — very short. The results deduced from the material, so laboriously brought together, have also been very uncertain. The most interesting problem, to determine the motion of the sun relative to the stars, from observations in the line of sight, led to very varying values concerning the magnitude of the velocity as well as its direction. In fact, as late as 1900 these fundamental quantities were known from radial velocity stars with very small accuracy.

Undoubtedly there were many difficulties to overcome especially regarding the small sensibility of the instruments, but another and perhaps greater difficulty was to be found in the circumstance that the measurements of the displacement of the spectral lines were made visually. Evidently in this way it was only possible to measure the spectra of the brightest stars.

In 1875 and the following years systematic radial velocity determinations were made at the *Greenwich Observatory* especially by Mr. MAUNDER. These results, published in the *Monthly Notices* [1], were subjected to discussion by different persons and many attempts were made to determine the velocity of the sun in space.

In 1883 KÖVESLIGETHY [2] makes, perhaps, the first determination of the solar velocity. The number of stars, however, being too small to give a good value of the direction of the apex, he assumes this latter to be known. Adopting the values of the coordinates of the apex derived from proper motion observations $\alpha = 261^0.0$ $\delta = +35^0.1$ he got the mean value of the velocities of the stars surrounding this apex to be 63.8 km per sec. The mean value of the velocities of the stars surrounding the parallactic equator was found to be 7.5 km per sec. and he considered this evidence as proof of the accuracy of the solution.

Some years later, in 1885 HOMANN [3] makes a more complete solution, based upon different sets of spectroscopic observations, namely the measurements previously

---

[1] Monthly Notices Tome XXXII and following.

[2] Astron. Nachr. **114**. 327. 1886.

[3] In Astron. Nachr. **114**. 25. 1886 the author gives a short summary of his results.

mentioned made at *Greenwich*, and besides observations made by HUGGINS and SEABROKE. The results obtained by HOMANN from these observations were the following:

Observations	Apex α	Apex δ	Sun's relative velocity
Greenwich	320°.1	+ 41°.2	39.3 ± 4.2 km,
HUGGIN'S	309°.5	+ 69°.7	48.5 ± 23.1 » ,
SEABROKE'S	278°.8	+ 13°.6	24.5 ± 15.8 » .

Mr. HOMANN was very well satisfied with these elements, and the values obtained from the latter two series, seem to him in spite of the small number of stars entered to agree very well with the results from the *Greenwich* observations. He says also in the report of his paper, that in spite of the large difference in the results, a certain agreement may be observed, and especially concerning the relative velocity of the sun we may infer that this can scarcely diverge to a any considerable extent from 30 km per sec.

2. In 1888 the first systematic attempts to measure the displacements of the spectral lines with aid of photographic methods were made by H. C. VOGEL. In this way it was possible to get a considerably greater exactness of the results. In the course of the next four years he measures the spectra of 51 of the brightest stars [1] and assumes that the mean error in every measurement does not come up to 2.0 km per sec. That the number of stars was so small was exclusively due to the instrument used.

From these observations KEMPF [2] and RISTEEN [3] tried to determine the velocity of the sun and the solar apex. The following results were obtained by KEMPF:

Position of the apex $\alpha = 206°.1 \pm 12°.0,$
$\delta = + 45°.2 \pm 9°.2,$

Sun's relative velocity $S = 18.6 \pm 2.9$ km per sec.

In his solution, each star was entered with an individual weight. Another solution, where all stars were assumed to have the same weight, gave no principal deviation from the above results. It seemed, howewer, to him very important to make a new solution where neighbouring stars, obviously belonging to the same cluster, were rejected, all except one. The number of stars in this way diminished to 41 led to the following solution:

Position of the apex $\alpha = 159°.7 \pm 20°.2,$
$\delta = + 50°.2 \pm 14°.3,$

Sun's relative velocity $S = 13.0 \pm 3.3$ km per sec.

[1] Publ. des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam. VII: 1. 1892.

[2] Versuch einer Ableitung der Bewegung des Sonnensystems aus den Potsdamer Spectrographischen Beobachtungen von H. C. VOGEL. Astr. Nachr. **132**. 81. 1893.

[3] The sun's motion through space, by A. D. RISTEEN. The Astronom. Journal. **13**. 75. 1893.

Like KEMPF, RISTEEN makes an exclusion of stars apparently belonging to the same clusters and puts in their place only one star. From the remaining 42 stars he gets elements of the solar motion that do not in any high degree differ from the results of KEMPF. His value of the relative velocity of the sun is 17.5 km per sec.

3. The successful measurement of stellar radial velocities at the *Potsdam Observatory* with the aid of photographic methods soon led to many attempts on the same subject by other observatories, and it was in the first place at the *Lick* and the *Yerkes* Observatories that the measurements of stellar spectra were put on the working programs. The sensibility of the instruments of these observatories made it not only possible to get radial velocity determinations of fainter stars but also gave the measurements a precision that was much greater than could be obtained at other observatories.

It was chiefly at the *Lick Observatory*, under the direction of Prof. W. W. CAMPBELL, that the radial velocity measurements were persued and in the year 1901 CAMPBELL had at his disposal 280 of the brightest stars mainly of north declination whose velocities in the line of sight are well determined.

In a paper published in *Astrophysical Journal* [1] he gives the following results for the solar motion:

Position of the apex:	$\alpha = \quad 277^\circ 30'$	$\pm 4^\circ.8$,
	$\delta = + 19^\circ 58'$	$\pm 5^\circ.9$,
The relative velocity of the sun:	19.89	$\pm$ 1.52 km per sec.

These results are in good agreement with those later obtained. CAMPBELL makes, however, a further examination of his observations. The values for the apex direction and the solar velocity being known, it is possible to make a special examination of the peculiar velocities of the stars in the line of sight. To this end he corrects every observed radial velocity for the influence of the motion of the sun, and of the thus remaining 280 peculiar velocities he determines the average value without regarding the signs. This average he finds to be 17.05 km per sec. To get an idea of the influence of spectral type upon average velocity he makes a rough separation of the stars in two groups approximatively representing white and red stars. The difference, however, in the average velocities of the two groups seems hardly sufficient to justify any statement as to the effect of spectral type upon velocity.

There seemed, on the contrary, to be a larger correlation between the visual brightness and the velocity, and he says that the progression is in no way due to an increase of probable error of the velocity determination with decreasing magnitude, but must certainly have a real basis. As was later shown, however, these results were exclusively due to the definition of the spectral types and the distribution of the spectral types within the different stellar magnitudes.

[1] A preliminary determination of the motion of the stars by W. W. CAMPBELL. Astr. Phys. Journal, XIII. p. 80.

4. In the following years the systematic work on radial velocity determinations was continued, especially at the *Lick*, *Yerkes*, *Allegheny* and *Mount Wilson* Observatories. In many cases, where the velocity, due to a binary character, was found to be variable, the velocity of the centre of mass was determined.

In the year 1911, in two papers, »On the motion of the brighter class *A* stars»[1] and »Some peculiarities in the motion of the stars»[2] Campbell makes a complete summary of the results up to that time drawn from the radial velocities of the stars. In the first paper he discusses the motions of 225 class *B* stars mainly brighter than magn. 5.0 whose velocities in the line of sight are determined. At the same time he publishes the individual observations. From these stars he derives the position of the apex and the relative velocity of the sun. Moreover he makes here the discovery of the remarkable constant *K* the explanation of which seems to him to be found in certain atmospheric conditions of the stars of this class. In the same paper he points out the very small avarage velocity of the class *B* stars. Frost and Adams had however as early as 1904 called attention to the small peculiar velocities of these stars.

Observing the dependence of spectral classes upon radial peculiar velocity, he makes a new investigation of the correlation between visual magnitude, spectral type and velocity. Dividing the stars into two spectral classes, Secchi's types I and II, he gets the following table, reprinted from his paper.

Average velocities.

Vis. Mag.	Type I		Type II		Types I and II	
	No.	*V* km.	No.	*V* km.	No.	*V* km.
Above 1.50	9	10.5	8	16.8	17	12.2
1.51 to 2.50	26	9.2	22	12.3	48	10.7
2.51 to 3.50	40	9.4	74	15.0	114	13.0
3.51 to 4.50	116	8.9	239	15.1	355	13.0
4.51 to 5.50	126	11.3	336	15.1	462	14.1
5.51 to 6.50	9	19.1	18	18.5	27	18.7
Below 6.50	4	11.3	8	12.5	12	12.1
Means	330	10.25	704	15.08	1034	13.51

The influence of spectral class upon velocity was shown more clearly when the classification of the stars was made in greater detail. The strong correlation between magnitude and velocity is here quite obliterated.

In order to test the two-drift theory of Kapteyn, Campbell computes the average residual velocity in zones at different distances from the vertex found by Kapteyn $\alpha = 93^0$ $\delta = +12^0$. Concerning the class *B* stars the difference of the average speed in the zones seems to give no evidence for the existence of a vertex.

[1] Lick. Obs. Bull. VI. **195**. p. 101.
[2] Lick. Obs. Bull. VI. **196**. p. 125.

In another paper [1], however, the same examination was made for the class *A* stars. Here a certain variation of the average peculiar velocity was noted not only in terms of different distances from the assumed vertex but also in terms of galactic latitudes. The vertex being situated in the plane of the Milky Way, this latter variation is however quite evidently due to the former. He says about these fact that »there seems to be no doubt, at least so far as the stars thus far observed are concerned, that Class *B* radial velocities do not increase as their angular distances from Kapteyn's vertices decrease, but that class *A* velocities do show increase; in fact the preferential-motion effect is apparently stronger for class *A* stars than for stars of classes *F*, *G*, *K* and *M*».

The radial velocity observations made at the *Lick* observatory during 1900 and the following years were not totally published until 1913, and consequently only a few authors have worked on this subject. The results obtained up to that time from radial velocity results are clearly outlined by Campbell in his recently issued book *Stellar Motions*.

Catalogue of the observations of the velocities of the stars in the line of sight.

5. The catalogue of published radial velocities, which I have brought together, is collected principally from the published records of the *Lick* and the *Allegheny* observatories. Most of the data are indeed obtained from the former observatory and especially from the list of 915 stars with known radial velocities published by Campbell in the *Lick Observatory Bulletin T. VII No. 229.* In all, the catalogue contains the radial motion of more than 1500 stars.

The present investigation is consequently based on material containing in the first instance modern information from the catalogue mentioned. Further the lists of observations found in earlier publications of the *Lick* and *Allegheny* observatories are used, and with the help of publications of other observatories the material is increased with such stars of which no records are to be found in the mentioned Bulletins. Such stars are observed at the observatories of *Bonn* and *Mount Wilson* and are published in the *Astronomische Nachrichten* or the *Astrophysical Journal.*

In some of the lists [2], last referred to, the corrections to the »Lick system» are also given. In such cases I have used the reduced values in the catalogue.

6. By collecting the observations it was found that a fairly large number of stars — between two or three hundred — have variable radial velocity. In the cases when the stars are contained in Campbell's catalogues of spectroscopic binary stars I have adopted the velocity of the centre of mass of the system, given there.

[1] Preliminary radial velocities of 212 brighter class A stars. Lick. Obs. Bull. VII. **211.** p. 19.

[2] See F. Küstner: Radialgeschwindigkeiten von 227 Sternen des Spectraltypus F bis M, beobachtet 1908 bis 1913 am Bonner 30 cm Refractor. Astr. Nachr. Bd 198 No. 4750.

In other cases I have hesitated about entering observations of this kind in the catalogue, in particular as in many cases the observations show such an irregularity that the estimation of the velocity of the centre of mass is quite hopeless.

For several of those stars with variable radial velocity the observations are however numerous and so arranged that the amplitude comes forth with sufficient clearness to give an acceptable value of the velocity of the binary system. In other cases the stars have so small an amplitude, that a direct determination of the velocity of the centre of mass will be affected only by a small error. The velocities were for these stars obtained by taking a mean between the highest and lowest velocity observed.

7. The stars for which in this manner it is possible, though with some uncertainty, to obtain a value of the velocity of the centre of mass are all entered in the catalogue. For all those stars I have however marked out the variation in velocity and the uncertainty in the determination. There are in all 65 stars of types *B* and *A*, having roughly determined velocities. These stars are all included in the determination of the apex, but when the second moments are computed I have rejected them, because their large errors may too much influence the results.

Doubtless there are amongst the stars noted to have constant velocities many that are in reality variables and amongst them many which have probably very large or very short periods. The observations obtainable are all made during the last ten years. Most of them are observed during a very short time and for several stars the velocities are computed from only a small number of observations.

The catalogue contains no nebulæ, but 5 stars of the spectral type *Oe* are included.

For each star a card was prepared containing: the name or signification of the star, its coordinates for 1900.0, its radial velocity and the proper motions in right ascension and declination, the latter being taken from *Boss' Preliminary catalogue.* For the stars not found in this catalogue the proper motions were taken from other sources.

On the cards the spectral types and the magnitudes taken from the *Revised Harvard Photometry Annals, H. C. O. No. 50* were also noted.

The velocity in right ascension and declination are expressed in seconds of arc, but concerning the velocity in the line of sight, I have given up the usual unity — km per sec. — and accepted unities more convenient in Stellar Astronomy, Siriometer and Stellar year. These units, introduced by CHARLIER in his lectures, have the following definitions:

One Siriometer (Sm) $= 10^6$ the mean distance of the earth from the sun.
One Stellar year (St) $= 10^6$ usual years.

The relations for transforming into the new units are the following:

$$1 \text{ km per sec.} = 0.2111 \text{ Sm per St.}$$
$$1 \text{ Sm per St.} = 4.7375 \text{ km per sec.}$$

The catalogue contains several stars, whose parallaxes are determined. Most of these stars were found in a paper by WALTER S. ADAMS and ARNOLD KOHLSCHÜTTER: *The radial velocities of one hundred stars with measured parallaxes*[1]. These stars I have separately examined in the cases when the parallax permitted a good determination of the absolute velocity. From 160 such stars with $\pi \geq 0''.025$ I have deduced the sun's relative motion and, applying the generalized ellipsoidal hypothesis, given an approximative aspect of the velocity distribution[2].

The total number of stars collected are in all 1640.

The stars are chiefly of bright magnitudes and the catalogue may broadly be considered complete down to the magnitude 5.0. The motions in the line of sight being however independent of the distances of the stars, nothing prevents us from treating stars of different magnitudes, when the spectral types are separated. It is however necessary, by summing up the spectral types, to limit the magnitude in order to get results comparable with those found from proper motions.

---

[1] Contribution from the Mount Wilson Solar Observatory. No. **78**, **79**.

[2] Meddelande fr. Lunds Astr. Obs. No. **65**.

CHAPTER II.

The different systems of coordinates to which the velocities are referred.

8. In the present investigation all velocities and results are referred to right-angular Cartesian systems of coordinates. In this paragraph these will be defined. The denominations of the systems as well as the direction cosines of their axes are taken from the memoir of CHARLIER [1].

The following three systems of coordinates are used:

The system K_1, having its three axes coincident with those of the velocity ellipsoid, the positive X-axis directed towards the principal vertex [2]. This system will be further defined in connection with the ellipsoidal hypothesis.

The system K_2 is the usual astronomical system of coordinates. The X Y plane coincides with equator, the positive X-axis is directed toward the equinoctium and the positive Z-axis towards the north pole.

The system K_3 is determined through the position of each square. It has its positive Z-axis directed towards the centre of gravity of the square. The positive X and Y axes are directed towards increasing right ascension and declination.

This latter system of coordinates is not quite identical with the system K_3 used by CHARLIER in the cited memoir. There he assumes the positive X and Y axes to be directed towards *decreasing* right ascension and declination.

---

[1] Meddelande fr. Lunds Astr. Obs. Serie II. No. 9.

[2] I will in the following use the indication *principal vertex* for the point corresponding to the antivertex of KAPTEYN. The addendum *principal* is necessary as the velocity distribution is expressed through a three axial ellipsoid.

The following schemes now give the denominations of the systems as well as the direction cosines between their axes.

		K_2:		
		X''	Y''	Z''
	X	γ_{11}	γ_{21}	γ_{31}
K_3:	Y	γ_{12}	γ_{22}	γ_{32}
	Z	γ_{13}	γ_{23}	γ_{33}

		K_2:		
		X''	Y''	Z''
	X'	ε_{11}	ε_{21}	ε_{31}
K_1:	Y'	ε_{12}	ε_{22}	ε_{32}
	Z'	ε_{13}	ε_{23}	ε_{33}

For the rest I refer to the memoir of CHARLIER.

9. The new directions of the X and Y axes will naturally only change the corresponding direction cosines regarding their signs. I will however reprint these direction cosines of K_3 relative K_2 after the correction (see table I).

Determination of the direction and the magnitude of the relative motion of the sun from radial velocity observations.

10. There are, as well known, amongst the radial velocity determinations several stars whose velocities are exceptionally large. These are chiefly to be found amongst the so called later types. The presence of a large number of such stars may perhaps partly be explained by the circumstances, which make it possible to get good values by measuring the displacements of the spectral lines on the photographic plates. Particularly amongst the faint stars, a large displacement is more easy to discover and determine than a small one, and moreover for stars of types, whose spectra contain a large number of lines, the velocity determination will be more easy than for stars of other types.

It is, however, necessary in a statistical investigation like this to reject very large velocities, while their influence by the method of moments will be too great. I have, however, striven to reject as few stars as possible. From a preliminary examination of the velocity distribution, I found it convenient to reject those stars, as whose velocities exceed 14 Siriometer per Stellar year or 66.3 km per second.

The stars in such way rejected seem chiefly to belong to the fainter magnitudes. A brief computation gives the following distribution of the large velocities.

Rad. velocity	Number of stars		Total number
	magn. ≤ 4.9	magn. ≥ 5.0	
$\rho < 14.0$ Sm/St.	1115	481	1596
$\rho \geq 14.0$ »	16	28	44
Stars with large velocity in per cent	1.41	5.60	2.68

TABLE I.

Direction cosines for the different squares.

	γ_{11}	γ_{12}	γ_{13}	γ_{21}	γ_{22}	γ_{23}	γ_{32}	γ_{33}
A_1	− 1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	− 0.9848	+ 0.1736	+ 0.1736	+ 0.9848
A_2	+ 1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	+ 0.9848	− 0.1736	+ 0.1736	+ 0.9848
B_1	− 0.3090	− 0.6737	+ 0.6714	+ 0.9511	− 0.2189	+ 0.2181	+ 0.7059	+ 0.7083
B_2	− 0.8090	− 0.4163	+ 0.4149	+ 0.5878	− 0.5730	+ 0.5711	+ 0.7059	+ 0.7083
B_3	− 1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	− 0.7083	+ 0.7059	+ 0.7059	+ 0.7083
B_4	− 0.8090	+ 0.4163	− 0.4149	− 0.5878	− 0.5730	+ 0.5711	+ 0.7059	+ 0.7083
B_5	− 0.3090	+ 0.6737	− 0.6714	− 0.9511	− 0.2189	+ 0.2181	+ 0.7059	+ 0.7083
B_6	+ 0.3090	+ 0.6737	− 0.6714	− 0.9511	+ 0.2189	− 0.2181	+ 0.7059	+ 0.7083
B_7	+ 0.8090	+ 0.4163	− 0.4149	− 0.5878	+ 0.5730	− 0.5711	+ 0.7059	+ 0.7083
B_8	+ 1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	+ 0.7083	− 0.7059	+ 0.7059	+ 0.7083
B_9	+ 0.8090	− 0.4163	+ 0.4149	+ 0.5878	+ 0.5730	− 0.5711	+ 0.7059	+ 0.7083
B_{10}	+ 0.3090	− 0.6737	+ 0.6714	+ 0.9511	+ 0.2189	− 0.2181	+ 0.7059	+ 0.7083
C_1	− 0.2588	− 0.2415	+ 0.9353	+ 0.9659	− 0.0647	+ 0.2506	+ 0.9683	+ 0.2500
C_2	− 0.7071	− 0.1768	+ 0.6847	+ 0.7071	− 0.1768	+ 0.6847	+ 0.9683	+ 0.2500
C_3	− 0.9659	− 0.0647	+ 0.2506	+ 0.2588	− 0.2415	+ 0.9353	+ 0.9683	+ 0.2500
C_4	− 0.9659	+ 0.0647	− 0.2506	− 0.2588	− 0.2415	+ 0.9353	+ 0.9683	+ 0.2500
C_5	− 0.7071	+ 0.1768	− 0.6847	− 0.7071	− 0.1768	+ 0.6847	+ 0.9683	+ 0.2500
C_6	− 0.2588	+ 0.2415	− 0.9353	− 0.9659	− 0.0647	+ 0.2506	+ 0.9683	+ 0.2500
C_7	+ 0.2588	+ 0.2415	− 0.9353	− 0.9659	+ 0.0647	− 0.2506	+ 0.9683	+ 0.2500
C_8	+ 0.7071	+ 0.1768	− 0.6847	− 0.7071	+ 0.1768	− 0.6847	+ 0.9683	+ 0.2500
C_9	+ 0.9659	+ 0.0647	− 0.2506	− 0.2588	+ 0.2415	− 0.9353	+ 0.9683	+ 0.2500
C_{10}	+ 0.9659	− 0.0647	+ 0.2506	+ 0.2588	+ 0.2415	− 0.9353	+ 0.9683	+ 0.2500
C_{11}	+ 0.7071	− 0.1768	+ 0.6847	+ 0.7071	+ 0.1768	− 0.6847	+ 0.9683	+ 0.2500
C_{12}	+ 0.2588	− 0.2415	+ 0.9353	+ 0.9659	+ 0.0647	− 0.2506	+ 0.9683	+ 0.2500
D_1	− 0.2588	+ 0.2415	+ 0.9353	+ 0.9659	+ 0.0647	+ 0.2506	+ 0.9683	− 0.2500
D_2	− 0.7071	+ 0.1768	+ 0.6847	+ 0.7071	+ 0.1768	+ 0.6847	+ 0.9683	− 0.2500
D_3	− 0.9659	+ 0.0647	+ 0.2506	+ 0.2588	+ 0.2415	+ 0.9353	+ 0.9683	− 0.2500
D_4	− 0.9659	− 0.0647	− 0.2506	− 0.2588	+ 0.2415	+ 0.9353	+ 0.9683	− 0.2500
D_5	− 0.7071	− 0.1768	− 0.6847	− 0.7071	+ 0.1768	+ 0.6847	+ 0.9683	− 0.2500
D_6	− 0.2588	− 0.2415	− 0.9353	− 0.9659	+ 0.0647	+ 0.2506	+ 0.9683	− 0.2500
D_7	+ 0.2588	− 0.2415	− 0.9353	− 0.9659	− 0.0647	− 0.2506	+ 0.9683	− 0.2500
D_8	+ 0.7071	− 0.1768	− 0.6847	− 0.7071	− 0.1768	− 0.6847	+ 0.9683	− 0.2500
D_9	+ 0.9659	− 0.0647	− 0.2506	− 0.2588	− 0.2415	− 0.9353	+ 0.9683	− 0.2500
D_{10}	+ 0.9659	+ 0.0647	+ 0.2506	+ 0.2588	− 0.2415	− 0.9353	+ 0.9683	− 0.2500
D_{11}	+ 0.7071	+ 0.1768	+ 0.6847	+ 0.7071	− 0.1768	− 0.6847	+ 0.9683	− 0.2500
D_{12}	+ 0.2588	+ 0.2415	+ 0.9353	+ 0.9659	− 0.0647	− 0.2506	+ 0.9683	− 0.2500
E_1	− 0.3090	+ 0.6737	+ 0.6714	+ 0.9511	+ 0.2189	+ 0.2181	+ 0.7059	− 0.7083
E_2	− 0.8090	+ 0.4163	+ 0.4149	+ 0.5878	+ 0.5730	+ 0.5711	+ 0.7059	− 0.7083
E_3	− 1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	+ 0.7083	+ 0.7059	+ 0.7059	− 0.7083
E_4	− 0.8090	− 0.4163	− 0.4149	− 0.5878	+ 0.5730	+ 0.5711	+ 0.7059	− 0.7083
E_5	− 0.3090	− 0.6737	− 0.6714	− 0.9511	+ 0.2189	+ 0.2181	+ 0.7059	− 0.7083
E_6	+ 0.3090	− 0.6737	− 0.6714	− 0.9511	− 0.2189	− 0.2181	+ 0.7059	− 0.7083
E_7	+ 0.8090	− 0.4163	− 0.4149	− 0.5878	− 0.5730	− 0.5711	+ 0.7059	− 0.7083
E_8	+ 1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	− 0.7083	− 0.7059	+ 0.7059	− 0.7083
E_9	+ 0.8090	+ 0.4163	+ 0.4149	+ 0.5878	− 0.5730	− 0.5711	+ 0.7059	− 0.7083
E_{10}	+ 0.3090	+ 0.6737	+ 0.6714	+ 0.9511	− 0.2189	− 0.2181	+ 0.7059	− 0.7083
F_1	− 1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	+ 0.9848	+ 0.1736	+ 0.1736	− 0.9848
F_2	+ 1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	− 0.9848	− 0.1736	+ 0.1736	− 0.9848

From this comparison we see that the large velocities are mainly to be found amongst the fainter stars. On the other side these stars are exclusively of so called later types.

11. The following table shows the distribution of the remaining stars over the sky. The second column contains the number of stars, whose velocities do not come up to 14 Sm per St. The other columns contain the number of rejected stars (see table II).

In each square the stars were now distributed according to their spectral classes and magnitudes, brighter and fainter than 5.0. For every group the mean displacement was computed.

The table III gives these results. The table contains the number of stars, the mean displacements in each square and finally the number of rejected stars. The means are directly computed. In the two groups, »magnitude ≤ 4.9» and »all stars», five *Oe* class stars are added.

TABLE II.

Distribution over the sky of stars, whose velocities in the line of sight are known.

Square	n	$z > 14.0$	Square	n	$z > 14.0$
A_1	18	—	D_1	17	—
A_2	30	1	D_2	24	—
			D_3	41	2
B_1	42	2	D_4	39	2
B_2	36	3	D_5	24	—
B_3	28	1	D_6	12	—
B_4	27	1	D_7	15	—
B_5	30	2	D_8	25	3
B_6	24	—	D_9	37	—
B_7	24	3	D_{10}	31	—
B_8	35	1	D_{11}	31	—
B_9	42	2	D_{12}	19	—
B_{10}	33	1			
			E_1	36	2
C_1	24	1	E_2	38	1
C_2	29	2	E_3	45	2
C_3	55	2	E_4	69	2
C_4	34	1	E_5	55	—
C_5	25	—	E_6	51	—
C_6	23	—	E_7	52	1
C_7	35	—	E_8	46	1
C_8	31	—	E_9	36	1
C_9	25	—	E_{10}	35	—
C_{10}	40	2			
C_{11}	29	1	F_1	40	—
C_{12}	30	—	F_2	29	1

12. From these means we now go to determine the solar apex and related constants.

Let us assume that the velocity of the sun relative to the stars is S Siriometer, and let this velocity projected in the usual astronomical system of coordinates — the system K_2 — have the components

$$U_0'', \quad V_0'', \quad W_0''$$

along the X'', Y'' and Z'' axes, so that

$$S^2 = U_0''^2 + V_0''^2 + W_0''^2. \tag{1}$$

Assuming further the component of the same velocity in a certain square, or with other words in the K_3-system to have the value z_0 along the Z axis, the scheme page 13 gives this latter component expressed through the former by the relation

$$\gamma_{13} U_0'' + \gamma_{23} V_0'' + \gamma_{33} W_0'' = z_0. \tag{2}$$

This relation is the very equation we have to solve with respect to the unknown quantities

$$U_0'', \quad V_0'', \quad W_0''.$$

TABLE III.

The number of stars in the squares of each spectral group and their mean displacement.

Square	Spectral classes											
	B			*A*			*F*			*G*		
	n	z_0	rejected stars	n	z_0	rejected stars	n	z_0	rejected stars	n	z_0	rejected stars
A_1	—	—	—	4	−2.54	—	4	−1.34	—	2	−1.30	—
A_2	2	−2.74	—	2	−1.38	—	5	−0.55	—	6	−2.38	—
B_1	11	−0.91	—	7	+0.37	—	5	+2.55	1	6	−2.10	1
B_2	11	+0.83	—	1	+5.28	1	6	+1.49	—	9	+1.73	2
B_3	2	+1.90	—	8	+0.97	—	2	+0.42	1	4	+6.17	—
B_4	1	+3.38	—	8	+0.59	—	6	+1.20	1	6	+3.02	—
B_5	—	—	—	9	−1.43	—	8	−0.43	—	4	+1.09	1
B_6	1	−1.27	—	11	−2.05	—	4	−1.08	—	3	−1.45	—
B_7	2	−0.94	—	3	−1.63	—	6	−4.60	—	6	−5.63	2
B_8	6	−3.83	—	7	−4.09	—	7	−3.21	—	5	−8.02	1
B_9	9	−2.94	—	5	−2.34	—	8	−4.11	—	5	−3.36	1
B_{10}	9	−3.73	—	5	−0.46	—	3	−2.56	1	2	−1.07	—
C_1	2	+1.49	—	6	+0.36	—	1	−1.48	—	5	−0.02	1
C_2	10	+1.79	—	5	+3.35	1	1	+5.43	1	4	+0.26	—
C_3	13	+3.99	—	18	+6.85	1	7	+4.11	—	6	+4.28	—
C_4	2	+8.02	—	6	+1.53	—	4	+2.87	—	9	+0.86	—
C_5	2	+4.36	—	7	+0.42	—	3	+4.20	—	4	+2.66	—
C_6	1	+9.84	—	9	−0.86	—	7	+0.89	—	1	−1.90	—
C_7	—	—	—	13	+0.11	—	3	−5.01	—	7	−1.38	—
C_8	—	—	—	7	−2.45	—	5	−1.88	—	5	−3.46	—
C_9	1	−0.84	—	7	−2.40	—	3	−9.57	—	4	−2.12	—
C_{10}	5	−2.33	—	9	−5.53	—	4	−1.81	—	8	−1.97	1
C_{11}	3	−3.38	—	6	−2.50	—	8	−2.15	—	5	−4.54	—
C_{12}	3	+1.29	—	6	−0.59	—	6	−0.13	—	3	−1.45	—
D_1	1	+2.32	—	—	—	—	2	+1.22	—	1	+4.33	—
D_2	4	+2.32	—	4	+2.96	—	6	+0.67	—	1	+5.70	—
D_3	18	+5.53	—	5	+2.26	—	5	+1.44	—	2	−5.84	1
D_4	15	+6.59	1	5	+2.61	—	5	+6.85	—	3	+2.66	—
D_5	1	+5.07	—	3	+1.48	—	3	+5.65	—	8	+2.84	—
D_6	1	+2.96	—	3	+2.75	—	—	—	—	1	−0.87	—
D_7	2	−0.57	—	2	+0.30	—	3	−0.90	—	2	−1.34	—
D_8	3	−0.97	—	5	−3.17	1	4	−1.02	—	—	—	1
D_9	6	−0.58	—	8	−3.38	—	11	−2.21	—	3	−0.88	—
D_{10}	6	−1.34	—	2	−4.11	—	4	−4.57	—	6	−2.99	—
D_{11}	2	−3.54	—	8	−3.57	—	6	−0.86	—	7	−4.46	—
D_{12}	—	—	—	4	+1.62	—	1	+5.72	—	4	+1.24	—
E_1	4	+4.12	—	6	+1.16	—	8	+2.45	—	5	+3.52	1
E_2	4	+3.72	—	7	+2.26	—	7	+3.74	—	4	+5.17	1
E_3	8	+4.59	—	6	+5.30	—	6	+2.36	—	3	+1.97	1
E_4	25	+4.99	—	8	+3.13	—	8	+2.83	1	5	+0.98	—
E_5	12	+3.13	—	11	+0.82	—	8	+1.05	—	8	+1.86	—
E_6	24	+2.40	—	5	−1.06	—	5	−2.57	—	3	+0.89	—
E_7	23	+0.24	—	3	−1.04	—	7	−2.47	—	4	−2.81	1
E_8	13	−0.60	—	6	−1.43	—	7	−2.62	—	4	+1.56	—
E_9	5	−0.08	—	7	−1.00	—	5	−1.00	—	3	−1.41	—
E_{10}	2	+0.49	—	7	+0.96	—	2	−0.56	—	5	−0.39	—
F_1	7	+3.71	—	4	+0.04	—	5	+1.89	—	5	+2.76	—
F_2	2	+2.06	—	3	+0.10	—	3	+5.99	1	2	+2.30	—

TABLE III (continued).

Square	K			M			magn $\leq$ 4,9			magn $\geq$ 5.0			all stars		
	n	z_0	rejected stars	n	z_0	rejected stars	n	z_0	rejected stars	n	z_0	rejected stars	n	z_0	rejected stars
A_1	6	− 0.16	—	2	+ 1.40	—	10	− 1.535	—	8	− 0.11	—	18	− 0.905	—
A_2	15	− 2.17	1	—	—	—	19	− 1.128	—	11	− 3.31	1	30	− 1.927	1
B_1	10	− 2.86	—	2	+ 0.53	—	26	− 0.379	—	15	− 1.67	2	41	− 0.850	2
B_2	6	+ 0.95	—	3	− 0.10	—	29	+ 1.976	1	7	− 1.86	2	36	+ 1.230	3
B_3	10	+ 0.30	—	2	+ 4.37	—	22	+ 1.731	—	6	+ 1.79	1	28	+ 1.743	1
B_4	6	+ 3.07	—	—	—	—	19	+ 1.766	—	8	+ 2.28	1	27	+ 1.919	1
B_5	8	− 0.90	—	1	− 4.86	1	19	− 0.423	—	11	− 1.46	2	30	− 0.802	2
B_6	2	− 2.64	—	3	− 4.88	—	18	− 2.061	—	6	− 2.55	—	24	− 2.183	—
B_7	5	− 1.12	1	2	− 1.31	—	21	− 2.647	1	3	− 6.41	2	24	− 3.138	3
B_8	8	− 2.61	—	2	− 5.65	—	23	− 4.100	—	12	− 4.32	1	35	− 4.179	1
B_9	14	− 3.97	1	1	− 4.33	—	27	− 3.051	1	15	− 4.36	1	42	− 3.519	2
B_{10}	12	− 2.04	—	2	+ 1.86	—	26	− 2.413	—	8	− 0.53	1	34	− 1.955	1
C_1	9	+ 1.46	—	1	+ 9.48	—	20	+ 1.745	1	4	− 2.19	—	24	+ 1.090	1
C_2	8	+ 1.74	—	1	− 5.30	—	22	+ 0.948	—	7	+ 4.12	2	29	+ 1.714	2
C_3	9	+ 5.95	1	2	+ 4.75	—	43	+ 5.779	2	12	+ 3.69	—	55	+ 5.322	2
C_4	10	+ 3.49	1	2	+ 7.83	—	22	+ 3.437	1	12	+ 1.61	—	34	+ 2.793	1
C_5	8	+ 5.03	—	1	+ 4.92	—	18	+ 4.168	—	7	+ 0.72	—	25	+ 3.202	—
C_6	3	− 0.18	—	2	+ 7.09	—	18	+ 0.984	—	5	+ 0.47	—	23	+ 0.872	—
C_7	9	+ 1.71	—	3	− 3.15	—	14	− 1.417	—	21	+ 0.12	—	35	− 0.495	—
C_8	14	− 2.28	—	—	—	—	22	− 2.866	—	9	− 1.41	—	31	− 2.444	—
C_9	9	− 3.94	—	1	− 6.80	—	18	− 4.133	—	7	− 3.38	—	25	− 3.944	—
C_{10}	13	− 4.73	—	1	+ 0.63	1	30	− 4.034	1	10	− 2.43	1	40	− 3.633	2
C_{11}	6	+ 1.31	1	1	− 3.69	—	20	− 1.619	1	9	− 3.17	—	29	− 2.099	1
C_{12}	10	− 0.30	—	2	+ 0.40	—	24	+ 0.224	—	6	− 2.06	—	30	− 0.233	—
D_1	11	+ 2.38	—	2	− 0.40	—	13	+ 1.448	—	4	+ 3.91	—	17	+ 2.026	—
D_2	6	+ 2.53	—	3	+ 10.71	—	16	+ 2.276	—	8	+ 5.21	—	24	+ 3.254	—
D_3	9	+ 3.91	1	1	− 7.11	—	33	+ 3.209	1	8	+ 4.07	1	41	+ 3.377	2
D_4	9	+ 4.50	1	1	+ 8.57	—	32	+ 5.468	2	7	+ 5.19	—	39	+ 5.417	2
D_5	8	+ 5.53	—	1	+ 4.58	—	18	+ 3.612	—	6	+ 5.49	—	24	+ 4.082	—
D_6	6	+ 3.66	—	1	− 2.30	—	10	+ 2.930	—	2	+ 0.33	—	12	+ 2.497	—
D_7	4	− 1.75	—	2	+ 3.82	—	15	− 0.351	—	—	—	—	15	− 0.351	—
D_8	12	+ 0.86	1	1	− 0.74	—	21	− 0.696	—	4	+ 0.36	3	25	− 0.527	3
D_9	7	− 1.40	—	2	− 2.38	—	30	− 1.673	—	7	− 3.12	—	37	− 1.946	—
D_{10}	12	− 0.36	—	1	+ 2.87	—	23	− 1.611	—	8	− 2.11	—	31	− 1.740	—
D_{11}	5	− 0.30	—	3	+ 1.68	—	24	− 1.730	—	7	− 3.85	—	31	− 2.208	
D_{12}	8	+ 0.43	—	2	− 2.09	—	17	+ 0.915	—	2	+ 0.41	—	19	+ 0.861	—
E_1	11	+ 0.96	1	2	+ 2.37	—	16	+ 1.368	1	20	+ 2.70	1	36	+ 2.109	2
E_2	14	+ 4.54	—	2	− 0.32	—	21	+ 3.733	1	17	+ 3.65	—	38	+ 3.694	1
E_3	18	+ 5.10	1	4	+ 6.97	—	25	+ 3.976	1	20	+ 5.44	1	45	+ 4.626	2
E_4	22	+ 3.43	1	1	+ 4.27	—	47	+ 3.909	1	22	+ 3.14	1	69	+ 3.689	2
E_5	15	+ 3.24	—	1	+ 3.43	—	36	+ 2.487	—	19	+ 2.10	—	55	+ 2.343	—
E_6	11	− 0.25	—	3	+ 4.06	—	44	+ 1.463	—	7	− 1.84	—	51	+ 1.010	—
E_7	13	− 3.20	—	1	− 0.25	—	34	− 1.105	—	18	− 2.52	1	52	− 1.585	1
E_8	14	+ 0.68	1	2	+ 0.74	—	32	− 0.398	—	14	− 0.34	1	46	− 0.381	1
E_9	14	+ 0.85	1	2	+ 3.17	—	17	+ 0.068	—	19	+ 0.02	1	36	+ 0.045	1
E_{10}	15	+ 2.78	—	4	+ 0.47	—	22	+ 1.551	—	13	+ 0.74	—	35	+ 1.258	—
F_1	16	+ 3.35	—	3	+ 1.50	—	22	+ 2.143	—	18	+ 3.35	—	40	+ 2.686	—
F_2	16	+ 1.65	—	3	+ 0.80	—	17	+ 1.497	—	12	+ 2.53	1	29	+ 1.923	1

The same relation must also be valid for each star, if its motion is only due to the velocity of the sun.

If, however, there exists a systematic displacement K, that may be caused by errors in the measurement, by atmospheric conditions of the stars or by a real basis, the equation (2) takes the form

$$(3) \qquad \gamma_{13}\, U_0'' + \gamma_{23}\, V_0'' + \gamma_{33}\, W_0'' - z_0 + K = 0.$$

The equation thus contains an additional unknown quantity.

13. Consider the following relations:

$$\gamma_{13} = \cos\delta \cos\alpha,$$
$$\gamma_{23} = \cos\delta \sin\alpha,$$
$$\gamma_{33} = \sin\delta,$$

where α and δ denote the coordinates of the centre of a square. Assume further A and D to be the angular coordinates of the apex, then we evidently have

$$(4) \qquad \begin{aligned} U_0'' &= S \cos D \cos A, \\ V_0'' &= S \cos D \sin A, \\ W_0'' &= S \sin D. \end{aligned}$$

Introducing these values into the equation (2) we find this quite identical with the equation deduced by CAMPBELL[1].

14. Regarding the displacements in the different squares as the observed quantities, we have to solve from 48 equations of condition of the form (2) viz. (3) only three viz. four unknown quantities. Applying the method of least squares we get from (2) the following normal equations:

$$(5) \qquad \begin{aligned} [\gamma_{13}\gamma_{13}]\; U_0'' - [\gamma_{13} z_0] &= 0, \\ [\gamma_{23}\gamma_{23}]\; V_0'' - [\gamma_{23} z_0] &= 0, \\ [\gamma_{33}\gamma_{33}]\; W_0'' - [\gamma_{33} z_0] &= 0, \end{aligned}$$

or, when the numerical values of the direction cosines are introduced:

$$(5^*) \qquad \begin{aligned} 16.2344\; U_0'' - [\gamma_{13} z_0] &= 0, \\ 16.3552\; V_0'' - [\gamma_{23} z_0] &= 0, \\ 15.4132\; W_0'' - [\gamma_{33} z_0] &= 0. \end{aligned}$$

All other coefficients vanish owing to the symmetrical distribution of the squares.

Introducing the fourth unknown quantity K the expressions (5) will not change their form. A new equation independent of the others will be added, namely

$$(6) \qquad 48K = [z_0],$$

where the coefficient of the left membrum is the number of the squares.

[1] Astroph. Journal. XIII. page 80.

As is easily seen, the form (6) involves that all squares have the same weight. Dividing the stars into spectral classes, the number of stars in the different squares is very varying, partly due to the small total number, but also to the real distribution in relation to the Milky Way.

For the solution of the two groups denoted by »magn. ≤ 4.9; stars over the whole sky» and »all stars over the whole sky» the formulæ (5) were used.

When the other groups were treated, account was taken of the weight in each square. Assuming these weights proportional to the numbers of stars, the normal equations now take the form:

$$
(7)\quad
\begin{aligned}
&[n\gamma_{13}\gamma_{13}]\,U_0'' + [n\gamma_{13}\gamma_{23}]\,V_0'' + [n\gamma_{13}\gamma_{33}]\,W_0'' + [n\gamma_{13}]\,K - [n\gamma_{13}z_0] = 0,\\
&[n\gamma_{23}\gamma_{13}]\,U_0'' + [n\gamma_{23}\gamma_{23}]\,V_0'' + [n\gamma_{23}\gamma_{33}]\,W_0'' + [n\gamma_{23}]\,K - [n\gamma_{23}z_0] = 0,\\
&[n\gamma_{33}\gamma_{13}]\,U_0'' + [n\gamma_{33}\gamma_{23}]\,V_0'' + [n\gamma_{33}\gamma_{33}]\,W_0'' + [n\gamma_{33}]\,K - [n\gamma_{33}z_0] = 0,\\
&[n\gamma_{13}]\quad U_0'' + [n\gamma_{23}]\quad V_0'' + [n\gamma_{33}]\quad W_0'' + \quad N\;\; K - \quad [n z_0] = 0.
\end{aligned}
$$

Here n denotes the number of stars in each square and N the total number of stars. The equation (7) is however nothing but the solution obtained by treating the stars separately. Yet there remains the approximation that all stars in a square are assumed to have the same coordinates as the centre of the square.

15. In tables IV a and IV b the results from these computations are tabulated.

The second column gives the number of stars in each solution. The three following columns give the three components of the sun's relative velocity in the K_2-system. S denotes this velocity and the column K gives the value of this constant for each spectral type.

A new solution was made for each group, assuming the constant K to be zero. These solutions are noted in the last column.

Table IV b contains the results obtained when dividing the stars into magnitudes. In two cases I have made one solution for stars surrounding the pole of the Milky Way and another for stars in the plane of the Milky Way as remarked in the first column.

For this purpose I divided the sky into two equal parts, the one containing 24 squares situated approximatively in a zone with galactic latitudes within $\pm 30^0$, the other part containing the rest of the squares surrounding the pole of the Milky Way. The squares were distributed as follows:

Squares within galactic latitude $\pm 30^0$:
A_1, A_2, B_1, B_2, B_3, B_8, B_9, B_{10}, C_3, C_4, C_{10}, C_{11}, D_4, D_5, D_9, D_{10}, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, F_1, F_2.

Squares surrounding the pole of the Milky Way:
B_4, B_5, B_6, B_7, C_1, C_2, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{12}, D_1, D_2, D_3, D_6, D_7, D_8, D_{11}, D_{12}, E_1, E_2, E_9, E_{10}.

This division was made to get an idea of the influence of stars in different galactic zones on the apex solution. The results from the two zones seem however

TABLE IV a.

Apex, sun's relative velocity S and the constant K from observations in the line of sight.

Type	Number of stars	U_0''	V_0''	W_0''	S	Apex α	Apex δ	K	Remarks
B-type	284	— 1.175	+ 4.039	— 2.002	4.658	286°.2	+ 25°.5	+ 0.91	individual
»	»	— 0.804	+ 4.239	— 2.705	5.092	280.7	+ 32.1	—	» $K = 0$
A-type	291	+ 0.594	+ 3.990	— 1.044	4.167	261.5	+ 14.5	+ 0.03	»
»	»	+ 0.588	+ 3.986	— 1.041	4.162	261.6	+ 14.5	—	» $K = 0$
F-type	237	+ 0.514	+ 3.890	— 1.224	4.110	262.5	+ 17.3	+ 0.05	»
»	»	+ 0.510	+ 3.885	— 1.226	4.106	262.5	+ 17.4	—	» $K = 0$
G-type	208	+ 0.029	+ 3.624	— 1.595	3.960	279.5	+ 23.8	— 0.17	»
»	»	+ 0.025	+ 3.624	— 1.616	3.969	279.6	+ 24.0	—	» $K = 0$
K-type	486	— 0.204	+ 3.515	— 2.128	4.115	273.3	+ 31.1	+ 0.75	»
»	»	— 0.155	+ 3.489	— 2.369	4.220	272.5	+ 34.2	—	» $K = 0$
M-type	85	— 0.004	+ 3.893	— 2.108	4.427	270.0	+ 28.4	+ 1.11	»
»	»	+ 0.165	+ 3.935	— 2.376	4.600	267.5	+ 31.1	—	» $K = 0$

TABLE IV b.

Magn	Number of stars	U_0''	V_0''	W_0''	S	Apex α	Apex δ	K	Remarks
magn $\leqq$ 4.9: stars surrounding the pole of the Milky Way	458	— 0.096	+ 3.406	— 1.822	3.864	271°.6	+ 28°.1	+ 0.46	from the means in the squares.
magn $\leqq$ 4.9: stars in the plane of the Milky Way	656	+ 0.150	+ 3.894	— 1.906	4.338	267.8	+ 26.1	+ 0.59	»
magn $\leqq$ 4.9: stars over the whole sky	1114	— 0.096	+ 3.676	— 1.818	4.103	271.5	+ 26.3	+ 0.52	»
magn $\geqq$ 5.0	482	+ 0.043	+ 3.825	— 2.263	4.444	269.4	+ 30.6	+ 0.18	individual
»	»	+ 0.047	+ 3.830	— 2.313	4.474	269.3	+ 31.1	—	» $K = 0$
all stars surrounding the pole of the M. W.	655	— 0.083	+ 3.503	— 2.069	4.069	271.4	+ 30.6	+ 0.48	from the means in the squares.
all stars in the plane of the Milky Way	941	+ 0.362	+ 3.966	— 2.133	4.518	264.8	+ 28.2	+ 0.51	»
all stars over the whole sky	1596	— 0.032	+ 3.676	— 2.005	4.187	270.5	+ 28.6	+ 0.50	»

to differ very little, at least concerning the direction of the solar motion, in spite of the uncertainty that will occur on account of the small angular distance of the apex from the plane of the Milky Way.

Concerning the relative velocity of the sun, it seems to be larger for stars in the galactic plane than for stars surrounding the pole. This fact may, indeed, largely be due to the relatively large number of class *B* stars in the plane of the Milky Way. These stars show, as seen in table IVa, the largest value of *S*.

16. A general wiew of the results for stars of different spectral classes seems to indicate exceptionally high velocities for classes *B* and *M*. The mean error is however large, as will be shown in a following paragraph.

For the different spectral classes Campbell has computed the sun's relative velocity[1]. It is, however, to be observed that the solutions are different so far as Campbell determines the solar velocities, assuming the position of the apices to be known for each type. For class *B* stars he accepts the apex direction $\alpha = 270^{\circ}.5$ $\delta = +34^{\circ}.3$ found from Boss' general solution from all spectral types. For the other types he assumes the apex direction: $\alpha = 270^{\circ}.0$ $\delta = +30^{\circ}.0$.

From the equation

$$\cos d\, V_0 - V = 0,$$

where V_0 is the velocity of the solar system with reference to the stars, d the angular distances of the stars from the assumed apex and further V the observed velocities of the stars or the groups into which the stars were divided, the unknown V_0 was solved with aid of the method of least squares.

The results of Campbell do not differ very much from the present. On the whole the stars used are also the same.

The constant *K*.

17. Concerning the constant *K* it enters the general equations for the apex elements, and is solved with the method of least squares. Campbell gets his values from a simple mean of the residual velocities, or the velocities corrected for the influence of the solar motion. To get a comparison with his values I have in table V reprinted the two series, adding the mean error to the present results.

The agreement seems to be good when taking account of the mean errors.

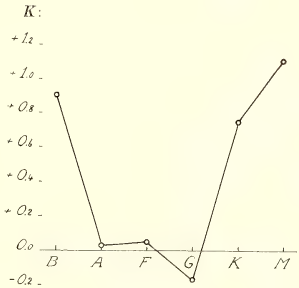


Fig. 1.
The constant *K* for each spectraltype.

In fig. 1 I have made a graphical representation of this constant. As remarked by

[1] Lick. Obs. Bull. VI. **196**. p. 127.

TABLE V.

Comparison with the values of the constant K obtained by Campbell (for each spectral class).

Spectral class	K (Gyllenberg)	K (Campbell)
B	$+0.91 \pm 0.11$	$+0.832$ $+0.859$
A	$+0.03 \pm 0.18$	$+0.201$
F	$+0.05 \pm 0.23$	$+0.013$
G	-0.17 ± 0.28	-0.042 $+0.046$
K	$+0.75 \pm 0.19$	$+0.403$ $+0.595$
M	$+1.11 \pm 0.45$	$+0.830$ $+0.969$

Campbell it seems probable that the stars of type B—$B5$ have a larger value of K than stars of type $B8$—$B9$. It would thus be possible from a smoothed curve to interpolate the value of K for the subdivisions of the spectral classes. From a preliminary computation of the constant K within class B stars (page 24) nothing seems however to indicate a continuous variation when passing from class $B0$ to class $B9$.

18. In his paper »On the Motion of the brighter class B stars», Campbell has tested the value of this constant in zones at different angular distances from the apex. No variation was however observed. In order to test the value of K at different distances from the vertex and furthermore in the plane of the Milky Way, I have in the figures 2—8, representing the galactic plane, illustrated the value of K. The numbers denote the galactic longitudes and are computed from the vertex (closer defined in the following Chapter III) $\alpha = 274^\circ.6$ $\delta = -12^\circ.0$. From the dotted line the values of K are marked out, positive values in the direction from, and negative values in the direction of the centre. The values were computed by subtracting the solar velocity components from the mean displacements in the squares.

The variation of K seems quite irregular with the exception of the types B and M, where a distinct relation with angular distance from the vertices, situated at 0° and 180° seems to exist. The mean velocity of the class B stars being small and consequently also the mean error of K in the squares, the numerical value of this constant seems to be in some way dependent on the position of the stars in relation to the vertex. In the same manner the stars of type M show an identical relation. It is true that the mean error here is large and the number of stars small, but the difference in the means of K from stars in a zone surrounding the vertices and in a zone at angular distance of 90° gives evidence of a large variation.

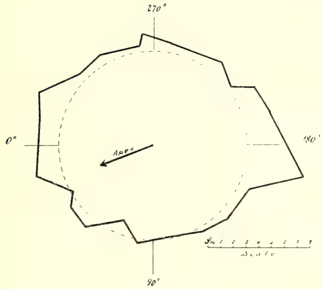


Fig. 2.
Class *B* stars.

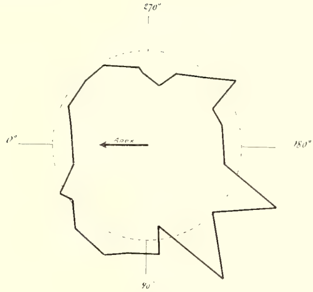


Fig. 3.
Class *A* stars.

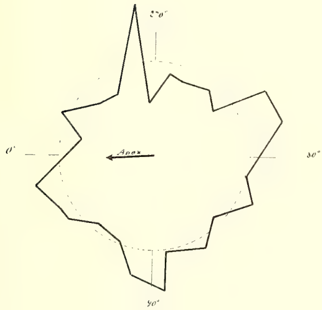


Fig. 4.
Class *F* stars.

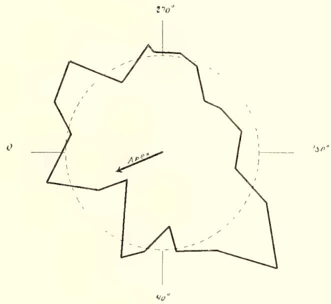


Fig. 5.
Class *G* stars.

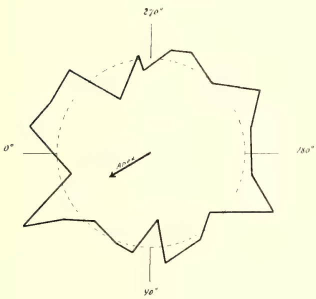


Fig. 6.
Class *K* stars.

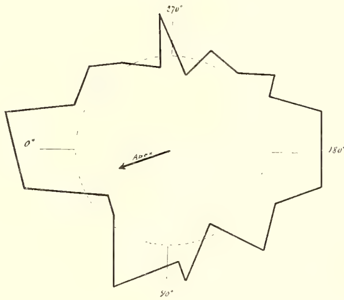


Fig. 7.
Class *M* stars.

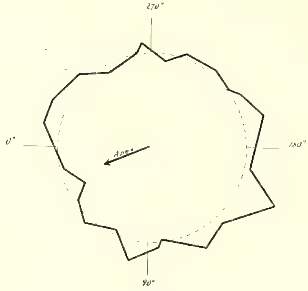


Fig. 8.
Stars of magn. ≤ 4.9.

Assuming however the stars of types *B*0 to *B*2 to have their constant ***K*** larger than the other class ***B*** stars, the variation of ***K*** in galactic longitude might be caused by a clustering of these stars about the vertices.

The stars used were however distributed in the following way:

	*B*0—*B*1	*B*2	*B*3	*B*5	*B*8—*B*9
No. of stars in the M. W.	37	24	72	42	41
No. of stars surrounding the vertices	12	6	12	10	11

The values of ***K*** for the subdivisions of the class ***B*** stars were obtained from the numerical mean value of the peculiar velocities, the relative velocity of the sun being taken from table IV a. The computation led to the following values of ***K***:

	K (magn. ≤ 4.9)		*K* (all magn.)	
*B*0—*B*1	+ 1.22	± 0.14	+ 1.00	± 0.15
*B*2	+ 0.84	± 0.13	+ 0.77	± 0.12
*B*3	+ 1.10	± 0.15	+ 0.89	± 0.12
*B*5	+ 1.18	± 0.14	+ 1.29	± 0.12
*B*8—*B*9	+ 0.10	± 0.18	+ 0.26	± 0.14
all stars	+ 0.92	± 0.07	+ 0.87	± 0.06

There is a remarkable difference in the value of ***K*** for stars of type *B*8—*B*9 and for the other class ***B*** stars. However this circumstance and the relative distribution of the class ***B*** stars seem insufficient to explain the variation of ***K*** in terms of galactic longitudes.

19. Concerning the origin of this remarkable constant, Campbell says that a personal equation in the measurement of the spectrogram, systematically positive amounting to 5 km per second cannot be regarded as possible, while observations

of class *B* stars at other observatories are in good accordance with those obtained at *Mount Hamilton* and in *Chile*. The most probable explanation however seems to him to be found in the atmospheric conditions of the stars. In another paper [1] he calls attention to the slight relative displacements towards red, found by Mr. Jewell for many of the spectral lines in the solar spectrum. Analogous phenomena may exist for the class *B* stars, with the difference, however, that on the sun

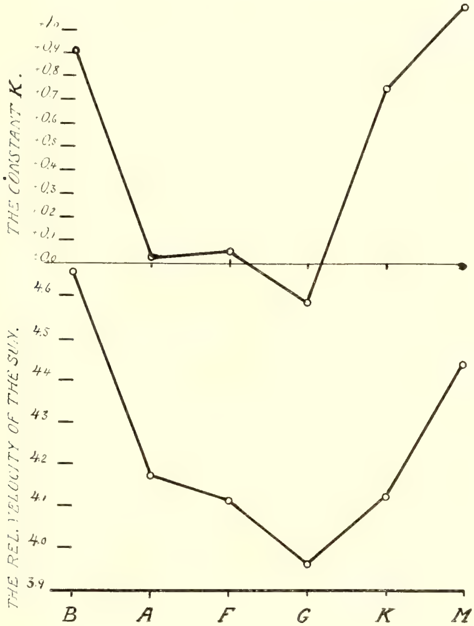


Fig. 9.

we observe the vapours of the heavier elements, whereas in class *B* stars we observe brighter gases, principally helium and hydrogen. In this way however the large values of *K* for the spectral classes *K* and *M* will not be explained.

20. The assumption of the existence of a systematic constant *K* seems strongly to influence the relative velocity of the sun, as well as the apex direction, at least when *K* has a large value. It is however remarkable, that the change of the apex direction, when *K* is put equal to zero, corresponds to an increase of the galactic latitude, the galactic longitude being unaltered.

[1] Note on the evidences of rapid convection in Stellar atmospheres. Lick. Obs. Bull. VIII. No. **257**, page 82.

On the other hand the value of K seems to be strongly correlated with the relative solar velocity.

In fig. 9 I have made a graphical comparison between the relative velocity of the sun and the value of K; the agreement is very striking. It is, besides, interesting, that the values of the distances of the stars of different spectral classes will, drawn as a curve, have the same form, when the parallaxes are computed from a comparison between proper motion and radial velocity. The mean parallaxes are indeed influenced by the assumed value of the solar velocity. This will however not change the mutual relations.

The mean errors in the solar velocity determinations.

21. In the linear equations in U_0'', V_0'', W_0'' and K, the mean error in one unknown quantity — R — is expressed through

$$\varepsilon(R) = \frac{\varepsilon}{\sqrt{p_R}}$$

where p_R denotes the weight of R obtained in the usual manner. Further ε is the mean error in one single observation and was put equal to σ (see table X page 30). The stars in the squares taken in groups, the mean error of a single observation is equal to the mean error in the mean or

$$\varepsilon = \sigma : \sqrt{n}\,.$$

The number n was put equal to the mean number of stars in the squares.

The following table gives the mean errors computed in this way. In order to determine the mean error in the apex direction it was assumed that

$$\varepsilon(U_0'') = \varepsilon(V_0'') = \varepsilon(W_0'') = \varepsilon(S).$$

TABLE VI.

The mean errors in the coordinates of the apex, the solar velocity and the constant K.

Type	$\varepsilon(U_0'')$	$\varepsilon(V_0'')$	$\varepsilon(W_0'')$	$\varepsilon(S)$	$\varepsilon(D)$	$\varepsilon(D)$ in degrees	$\varepsilon(A)$	$\varepsilon(A)$ in degrees
B	0.218	0.170	0.178	0.190	0.041	$2^\circ.4$	0.052	$2^\circ.9$
A	0.304	0.290	0.321	0.305	0.060	$3^\circ.4$	0.084	$4^\circ.8$
F	0.450	0.401	0.412	0.421	0.100	$5^\circ.7$	0.116	$6^\circ.6$
G	0.498	0.455	0.479	0.474	0.113	$6^\circ.5$	0.130	$7^\circ.4$
K	0.346	0.325	0.313	0.328	0.078	$4^\circ.5$	0.090	$5^\circ.2$
M	0.772	0.831	0.763	0.789	0.188	$10^\circ.8$	0.216	$12^\circ.4$
m $\leq$ 4.9	—	—	—	0.182	0.043	$2^\circ.5$	0.050	$2^\circ.9$
m $\geq$ 5.0	0.348	0.324	0.294	0.322	0.077	$4^\circ.4$	0.089	$5^\circ.1$
all stars	—	—	—	0.160	0.038	$2^\circ.2$	0.044	$2^\circ.5$

CHAPTER III

The mean velocities of stars from observations in the line of sight.

22. Before any further computations were made, the stars mentioned in the first chapter, whose velocities were marked as particularly uncertain, were rejected. By determining the apex and the solar velocity small errors like these in the catalogue do not influence the solution in so high a degree as by the treatment of the moments of the second order.

The distribution of the remaining stars is shown in the table VII.

23. Furthermore, the velocities of stars of spectral classes *B*, *K* and *M* were corrected on account of the constant *K*, this being assumed to have the nature of a systematic error in the measurements.

The following corrections were applied [1]:

Type	*B*	*K*	*M*
Correction	— 0.91	— 0.75	— 1.11

For the other spectral classes no corrections were applied, because in these cases the mean error in *K* was too large.

24. The stars thus being freed from systematic errors, there is nothing to prevent a diametrical combination of the squares. Indeed, all calculations in this chapter are performed so that the stars of south declination are transferred to the diametrically situated point on the north sky, the signs of the velocities at the same time being changed.

TABLE VII.

Distribution of the stars used by determining the velocity distribution and the mean velocities.

Square	n	Square	n
A_1	17	D_1	17
A_2	29	D_2	23
		D_3	38
B_1	39	D_4	36
B_2	34	D_5	24
B_3	25	D_6	12
B_4	27	D_7	15
B_5	30	D_8	23
B_6	24	D_9	36
B_7	24	D_{10}	31
B_8	34	D_{11}	29
B_9	41	D_{12}	19
B_{10}	33		
		E_1	35
C_1	23	E_2	38
C_2	28	E_3	44
C_3	51	E_4	63
C_4	32	E_5	53
C_5	23	E_6	50
C_6	20	E_7	48
C_7	30	E_8	44
C_8	31	E_9	36
C_9	22	E_{10}	35
C_{10}	39		
C_{11}	29	F_1	38
C_{12}	30	F_2	29

[1] The values of *K* on page 24 seem to be constant for all class *B* stars except for the stars of type *B*8—*B*9. This table, however, was computed after the writing of the present chapter, for which reason the correction — 0.91 was applied to all class *B* stars.

TABLE VIII.

Direction cosines of the apex ($\alpha = 270^0$ $\delta = +30^0$) in relation to the system K_3.

Square	c_{13}	c_{23}	c_{33}
A_1	0.	+ 0.9396	+ 0.3421
A_2	0.	— 0.7660	+ 0.6427
B_1	— 0.8237	+ 0.5426	+ 0.1653
B_2	— 0.5090	+ 0.8492	— 0.1404
B_3	0.	+ 0.9664	— 0 2571
B_4	+ 0.5090	+ 0.8492	— 0.1404
B_5	+ 0.8237	+ 0 5426	+ 0.1653
B_6	+ 0.8237	+ 0.1634	+ 0 5431
B_7	+ 0.5090	— 0 1432	+ 0.8488
B_8	0.	— 0.2604	+ 0.9655
B_9	— 0.5090	— 0.1432	+ 0.8488
B_{10}	— 0.8237	+ 0.1634	+ 0.5431
C_1	— 0.8365	+ 0.5402	— 0.0920
C_2	— 0.6123	+ 0.6373	— 0.4680
C_3	— 0.2241	+ 0.6933	— 0.6850
C_4	+ 0.2241	+ 0.6933	— 0.6850
C_5	+ 0.6123	+ 0 6373	— 0.4680
C_6	+ 0.8365	+ 0.5402	— 0.0920
C_7	+ 0.8365	+ 0.4282	+ 0.3420
C_8	+ 0.6123	+ 0.3311	+ 0.7180
C_9	+ 0.2241	+ 0.2751	+ 0·9350
C_{10}	— 0.2241	+ 0.2751	+ 0.9350
C_{11}	— 0.6123	+ 0.3311	+ 0.7180
C_{12}	— 0.8365	+ 0.4282	+ 0.3420
D_1	— 0.8365	+ 0.4282	— 0.3420
D_2	— 0.6123	+ 0.3311	— 0.7180
D_3	— 0.2241	+ 0.2751	— 0.9350
D_4	+ 0.2241	+ 0.2751	— 0.9350
D_5	+ 0.6123	+ 0.3311	— 0.7180
D_6	+ 0.8365	+ 0.4282	— 0.3420
D_7	+ 0.8365	+ 0.5402	+ 0.0920
D_8	+ 0.6123	+ 0.6373	+ 0.4680
D_9	+ 0.2241	+ 0.6933	+ 0.6850
D_{10}	— 0.2241	+ 0.6933	+ 0.6850
D_{11}	— 0.6123	+ 0.6373	+ 0.4680
D_{12}	— 0.8365	+ 0.5402	+ 0.0920
E_1	— 0.8237	+ 0.1634	— 0.5431
E_2	— 0.5090	— 0.1432	— 0.8488
E_3	0.	— 0.2604	— 0.9655
E_4	+ 0.5090	— 0.1432	— 0.8488
E_5	+ 0.8237	+ 0.1634	— 0.5431
E_6	+ 0.8237	+ 0.5426	— 0.1653
E_7	+ 0.5090	+ 0.8492	+ 0.1404
E_8	0.	+ 0.9664	+ 0.2571
E_9	— 0.5090	+ 0.8492	+ 0.1404
E_{10}	— 0.8237	+ 0.5426	— 0.1653
F_1	0.	— 0.7660	— 0.6427
F_2	0.	+ 0.9396	— 0.3421

Now for each square and for each spectral class and magnitude the values of Σz^2 were calculated. In the usual way we may now compute the mean deviation. The stars in the different squares however being small, I have not for this purpose used the observed mean, but computed the deviation about a theoretical mean ζ_0 — that is the value of z obtained for every square and spectral class as the component of the solar motion and defined in the following way:

$$\zeta_0 = S \cos . \text{ the angle (apex — square).}$$

Here the sun's relative velocity, S, is to be taken from the table IV. As for the position of the apex, this was assumed to be $\alpha = 270^0$, $\delta = +30^0$, the same for all types, because a variation in the position of the apex will in a much smaller degree influence the value ζ_0 than a variation in the relative velocity of the sun.

The cosines of the angles between the apex and the centres of the squares may be taken from the table VIII, where the direction cosines of this assumed apex in relation to the system K_3 are tabulated.

The following designations are used:

$$c_{13} = \cos (\text{apex} - X),$$
$$c_{23} = \cos (\text{apex} - Y),$$
$$c_{33} = \cos (\text{apex} - Z).$$

25. The quantities, in the following denoted as dispersions, are all calculated from the formula

$$(18) \qquad n\sigma^2 = \Sigma z^2 - n\zeta_0^2 - 2\zeta_0 \Sigma z,$$

which formula for $\zeta_0 = z_0 = \Sigma z : n$ is transformed into the general expression for the dispersion about the mean.

The table IX below contains the values of σ obtained in the manner described.

A short glance at the table shows that the mean velocity within the different spectral groups is very varying without any conspicuous regularity.

TABLE IX.

The mean velocities of the different spectral classes, computed after the combination of the diametrically situated squares.

Square	B		A		F		G		K		M	
	n	σ	n	σ	n	σ	n	σ	n	σ	n	σ
$A_1 + F_2$	2	+ 0.90	6	+ 3.38	7	+ 3.26	4	+ 3.27	22	+ 4.06	5	+ 2.60
$A_2 + F_1$	7	+ 1.62	5	+ 2.94	10	+ 4.14	11	+ 3.74	31	+ 4.56	3	+ 5.14
$B_1 + E_6$	32	+ 1.97	12	+ 2.79	10	+ 5.30	9	+ 3.09	21	+ 4.38	5	+ 3.74
$B_2 + E_7$	29	+ 2.14	3	+ 2.38	13	+ 2.90	13	+ 4.41	19	+ 4.32	4	+ 4.47
$B_3 + E_8$	12	+ 2.02	12	+ 3 19	9	+ 4.22	8	+ 5.87	24	+ 4.69	4	+ 3.35
$B_4 + E_9$	6	+ 0.96	15	+ 2 35	11	+ 3.79	9	+ 3 62	20	+ 3.91	2	+ 5.55
$B_5 + E_{10}$	2	+ 1.71	16	+ 3.17	10	+ 3.57	9	+ 4 55	23	+ 4.36	5	+ 2 40
$B_6 + E_1$	4	+ 2.28	17	+ 2 04	12	+ 2.41	8	+ 3.59	13	+ 3.95	5	+ 3.65
$B_7 + E_2$	6	+ 1.92	10	+ 3.07	13	+ 3.61	10	+ 3.77	19	+ 3.67	4	+ 4.70
$B_8 + E_3$	13	+ 1.35	12	+ 1.99	13	+ 2.79	8	+ 4.20	26	+ 3.88	6	+ 2.88
$B_9 + E_4$	28	+ 1.63	12	+ 2.11	16	+ 2.50	10	+ 2.46	36	+ 3.68	2	+ 0.85
$B_{10} + E_5$	20	+ 2.28	14	+ 3.33	11	+ 3.98	10	+ 2.35	27	+ 3.53	3	+ 10.93
$C_1 + D_7$	3	+ 1.13	8	+ 1.51	4	+ 2.28	7	+ 3.08	13	+ 4.30	3	+ 5.26
$C_2 + D_8$	11	+ 1.32	9	+ 4.24	5	+ 3.69	4	+ 4.04	20	+ 4.39	2	+ 6.00
$C_3 + D_9$	17	+ 1.38	23	+ 4.49	18	+ 4.65	9	+ 3.46	16	+ 2.88	4	+ 1 36
$C_4 + D_{10}$	6	+ 2.32	8	+ 3.96	8	+ 3.57	15	+ 3.60	22	+ 5.59	3	+ 5.08
$C_5 + D_{11}$	2	+ 2.07	13	+ 3.63	9	+ 4.54	11	+ 4 79	13	+ 2.28	4	+ 4.77
$C_6 + D_{12}$	—	—	11	+ 2.89	8	+ 3.88	5	+ 1.84	11	+ 4.62	4	+ 5.13
$C_7 + D_1$	1	+ 0.17	8	+ 3.91	5	+ 3.37	8	+ 3,57	20	+ 3.99	5	+ 4.28
$C_8 + D_2$	4	+ 1.95	10	+ 2.42	11	+ 4.54	6	+ 7.69	20	+ 4 81	3	+ 6.66
$C_9 + D_3$	16	+ 1 34	9	+ 3.59	8	+ 4.50	6	+ 7.89	18	+ 3.73	2	+ 9.13
$C_{10} + D_4$	18	+ 2.43	12	+ 3.03	9	+ 5.03	11	+ 3.74	22	+ 4.46	2	+ 3.50
$C_{11} + D_5$	4	+ 1.27	9	+ 2.08	11	+ 4.05	13	+ 4.46	14	+ 4.63	2	+ 1.17
$C_{12} + D_6$	4	+ 1.80	9	+ 2.36	6	+ 2.15	4	+ 3.42	16	+ 4.52	3	+ 3.12

26. Let us start with an examination of the mean velocities of the stars in relation to their spectral classes. For this purpose all squares have to be combined. The dispersion being computed about a fixed point in every square, the formula takes the simple form

$$N\sigma_s^2 = n_1\sigma_1^2 + n_2\sigma_2^2 + \ldots + n_{24}\sigma_{24}^2.$$

Here N denotes the total number of stars, n_i and σ_i are referred to the individual squares.

The table X contains these *mean velocities* σ_s for the spectral classes and for two groups of magnitudes.

For every value the mean error is added, computed from the usual formula

$$\varepsilon(\sigma) = \frac{\sigma}{\sqrt{2N}}. \tag{10}$$

The column designated with ϑ contains the *average velocity*, and is related with the former through

$$\vartheta = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\,\sigma. \tag{11}$$

TABLE X.

The mean velocity and its variation with spectral classes.

Type	Number of stars	Mean velocity		ϑ		Ω		Results of Campbell	
								Number of stars	Average velocity
B	247	1.854	± 0.083	1.479	± 0.066	2.958	± 0.132	225	1.366 — 1.410
A	263	3.102	± 0.149	2.475	± 0.119	4.950	± 0.238	177	2.215 — 2.312
F	237	3.816	± 0.175	3.045	± 0.140	6.090	± 0.280	185	3.034
G	208	4.173	± 0.204	3.330	± 0.163	6.660	± 0.326	123—128	2.723 — 3.160
K	85	4.547	± 0.348	3.628	± 0.278	7.256	± 0.556	70—73	3.251 — 3.618
M	486	4.200	± 0.135	3.351	± 0.108	6.702	± 0.216	369—382	3.188 — 3.547
magn $\leq$ 4.9	1069	3.527	± 0.076	2.814	± 0.061	5.624	± 0.122	—	—
magn $\geq$ 5.0	462	4.094	± 0.135	3.267	± 0.108	6.534	± 0.216	—	—
all stars	1531	3.623	± 0.066	2.891	± 0.053	5.782	± 0.106	—	—

The average velocities are the values determined by Campbell and in the last column I have for a comparison reprinted his results and expressed them in the units used here. The remaining column gives the value of Ω that is the *mean absolute velocity* defined through

$$\Omega = 2\vartheta = 2\sqrt{\frac{2}{\pi}}\,\sigma. \tag{12}$$

Concerning the mean velocities of brighter and fainter stars the latter give a much higher value than the former, this fact may however exclusively be due to the large number of stars of so called later types that enter the group magn $\geq$ 5.0.

The ellipsoidal hypothesis in its generalized form.

27. Returning to the table IX, these values may be used for a closer examination of the velocity distribution. To this end the ellipsoidal hypothesis was adopted in its generalized form. In another paper I have given a short description of the solution and preliminary derived the numerical results [1].

As to the developement of the formulas and the expressions I have used the same signification as Charlier in his memoir. It was however necessary when studying the three axial distribution of the velocities to introduce three variables.

I give here only the expressions for the moments about the origin and about the mean.

The former is denoted by:

$$N'_{ijk} = \iiint\limits_{-\infty}^{+\infty} dU\,dV\,dW\,\varphi(U, V, W)\,U^i V^j W^k, \tag{13}$$

[1] Meddelande fr. Lunds Astr. Obs. N:o **59**.

and the latter

(14) $$N_{ijk} = \iiint\limits_{-\infty}^{+\infty} dU\, dV\, dW\, \varphi(U, V, W)\,(U - U_0)^i\,(V - V_0)^j\,(W - W_0)^k.$$

Hereby the significations below are explained.

28. Assume the velocities of the stars to be distributed according to the generalized law of Maxwell and let U', V', W' denote the three velocity components of a star relative to the sun, then the number of stars with components of velocity between the limits

$$U' \pm {}^1\!/_2\, dU', \quad V' \pm {}^1\!/_2\, dV', \quad W' \pm {}^1\!/_2\, dW'$$

is given through the formula

(15) $$e^{-{}^1\!/_2 (A' U'^2 + B' V'^2 + C' W'^2)}\, dU'\, dV'\, dW'.$$

The surface

$$A' U'^2 + B' V'^2 + C' W'^2 = \text{const}$$

is called the velocity ellipsoid and the coefficients have the following expression

$$A' = \frac{1}{\sigma_1'^2}, \quad B' = \frac{1}{\sigma_2'^2}, \quad C' = \frac{1}{\sigma_3'^2},$$

where σ_1', σ_2' and σ_3' denote the dispersions in the directions of the three axes of the ellipsoid.

From the schemes page 13 we get the relation between the velocity components in the different systems. These schemes give us now:

(16) $$\begin{aligned} U'' &= \gamma_{11}\, U + \gamma_{12}\, V + \gamma_{13}\, W, \\ V'' &= \gamma_{21}\, U + \gamma_{22}\, V + \gamma_{23}\, W, \\ W'' &= \gamma_{31}\, U + \gamma_{32}\, V + \gamma_{33}\, W, \end{aligned}$$

and

(16*) $$\begin{aligned} U &= \gamma_{11}\, U'' + \gamma_{21}\, V'' + \gamma_{31}\, W'', \\ V &= \gamma_{12}\, U'' + \gamma_{22}\, V'' + \gamma_{32}\, W'', \\ W &= \gamma_{13}\, U'' + \gamma_{23}\, V'' + \gamma_{33}\, W'', \end{aligned}$$

likewise

(17) $$\begin{aligned} U'' &= \varepsilon_{11}\, U' + \varepsilon_{12}\, V' + \varepsilon_{13}\, W', \\ V'' &= \varepsilon_{21}\, U' + \varepsilon_{22}\, V' + \varepsilon_{23}\, W', \\ W'' &= \varepsilon_{31}\, U' + \varepsilon_{32}\, V' + \varepsilon_{33}\, W', \end{aligned}$$

and

(17*) $$\begin{aligned} U' &= \varepsilon_{11}\, U'' + \varepsilon_{21}\, V'' + \varepsilon_{31}\, W'', \\ V' &= \varepsilon_{12}\, U'' + \varepsilon_{22}\, V'' + \varepsilon_{32}\, W'', \\ W' &= \varepsilon_{13}\, U'' + \varepsilon_{23}\, V'' + \varepsilon_{33}\, W''. \end{aligned}$$

Substituting in equation (15) U', V', W' from the formulæ (17*) the exponential expression gets the form:

(18) $$e^{-\frac{1}{2}f},$$

where

(19) $$f = A''U''^2 + B''V''^2 + C''W''^2 + 2\,D''V''W'' + 2\,E''W''U'' + 2\,F''U''V''.$$

Here is

(20) $$\begin{aligned} A'' &= A'\,\varepsilon_{11}^2 + B'\,\varepsilon_{12}^2 + C'\,\varepsilon_{13}^2, \\ B'' &= A'\,\varepsilon_{21}^2 + B'\,\varepsilon_{22}^2 + C'\,\varepsilon_{23}^2, \\ C'' &= A'\,\varepsilon_{31}^2 + B'\,\varepsilon_{32}^2 + C'\,\varepsilon_{33}^2, \\ D'' &= A'\,\varepsilon_{21}\,\varepsilon_{31} + B'\,\varepsilon_{22}\,\varepsilon_{32} + C'\,\varepsilon_{23}\,\varepsilon_{33}, \\ E'' &= A'\,\varepsilon_{31}\,\varepsilon_{11} + B'\,\varepsilon_{32}\,\varepsilon_{12} + C'\,\varepsilon_{33}\,\varepsilon_{13}, \\ F'' &= A'\,\varepsilon_{11}\,\varepsilon_{21} + B'\,\varepsilon_{12}\,\varepsilon_{22} + C'\,\varepsilon_{13}\,\varepsilon_{23}. \end{aligned}$$

Our problem is now to determine the coefficients A'', B'', C'', D'', E'', F'' from the observations.

Turning the system of coordinates so that it coincides with the K_3-system or in other words substituting the values (16) in (19) we get:

(21) $$f = AU^2 + BV^2 + CW^2 + 2\,DVW + 2\,EWU + 2\,FUV,$$

where

(22) $$\begin{aligned} A &= A''\,\gamma_{11}^2 + B''\,\gamma_{21}^2 + C''\,\gamma_{31}^2 + 2\,D''\,\gamma_{21}\,\gamma_{31} + 2\,E''\,\gamma_{31}\,\gamma_{11} + \\ &\quad + 2\,F''\,\gamma_{11}\,\gamma_{21}, \\ B &= A''\,\gamma_{12}^2 + B''\,\gamma_{22}^2 + C''\,\gamma_{32}^2 + 2\,D''\,\gamma_{22}\,\gamma_{32} + 2\,E''\,\gamma_{32}\,\gamma_{12} + \\ &\quad + 2\,F''\,\gamma_{12}\,\gamma_{22}, \\ C &= A''\,\gamma_{13}^2 + B''\,\gamma_{23}^2 + C''\,\gamma_{33}^2 + 2\,D''\,\gamma_{23}\,\gamma_{33} + 2\,E''\,\gamma_{33}\,\gamma_{13} + \\ &\quad + 2\,F''\,\gamma_{13}\,\gamma_{23}, \\ D &= A''\,\gamma_{12}\,\gamma_{13} + B''\,\gamma_{22}\,\gamma_{23} + C''\,\gamma_{32}\,\gamma_{33} + D''\,(\gamma_{22}\,\gamma_{33} + \gamma_{32}\,\gamma_{23}) + \\ &\quad + E''\,(\gamma_{32}\,\gamma_{13} + \gamma_{33}\,\gamma_{12}) + F''\,(\gamma_{12}\,\gamma_{23} + \gamma_{13}\,\gamma_{22}), \\ E &= A''\,\gamma_{13}\,\gamma_{11} + B''\,\gamma_{23}\,\gamma_{21} + C''\,\gamma_{33}\,\gamma_{31} + D''\,(\gamma_{23}\,\gamma_{31} + \gamma_{33}\,\gamma_{21}) + \\ &\quad + E''\,(\gamma_{33}\,\gamma_{11} + \gamma_{31}\,\gamma_{13}) + F''\,(\gamma_{13}\,\gamma_{21} + \gamma_{11}\,\gamma_{23}), \\ F &= A''\,\gamma_{11}\,\gamma_{12} + B''\,\gamma_{21}\,\gamma_{22} + C''\,\gamma_{31}\,\gamma_{32} + D''\,(\gamma_{21}\,\gamma_{32} + \gamma_{31}\,\gamma_{22}) + \\ &\quad + E''\,(\gamma_{31}\,\gamma_{12} + \gamma_{32}\,\gamma_{11}) + F''\,(\gamma_{11}\,\gamma_{22} + \gamma_{12}\,\gamma_{21}). \end{aligned}$$

29. In order to get a solution of the problem exclusively from observations in the line of sight, i. e. the Z-axes, we have to integrate the function (18) over all values for U and V, f having the form (21).

Performing this integration we get

(23) $$\Phi_0 = K \,.\, e^{-\frac{1}{2}HW^2},$$

where

(24) $$H = \frac{ABC - AD^2 - BE^2 - CF^2 + 2DEF}{AB - F^2}.$$

Substituting the relation (22) in (24) we get

$$H = \frac{A''B''C'' - A''D''^2 - B''E''^2 - C''F''^2 + 2D''E''F''}{AB - F^2}.$$

Here

$$\begin{aligned} AB - F^2 = (B''C'' - D''^2)\gamma_{13}^2 + (C''A'' - E''^2)\gamma_{23}^2 \\ + (A''B'' - F''^2)\gamma_{33}^2 + 2(D''E'' - C''F'')\gamma_{13}\gamma_{23} \\ + 2(E''F'' - A''D'')\gamma_{23}\gamma_{33} + 2(F''D'' - B''E'')\gamma_{33}\gamma_{13}. \end{aligned}$$

In the expression for H, the numerator does not contain the direction cosines of the squares and is therefore a constant.

Observing that

(27) $$H = \frac{1}{\sigma^2},$$

and

(27*) $$\sigma^2 = N_{002},$$

where σ denotes the dispersion in the frequency distribution of the observed radial velocities, and putting

(28) $$\begin{aligned} \Delta &= A''B''C'' - A''D''^2 - B''E''^2 - C''F''^2 + 2D''E''F'', \\ &= \begin{vmatrix} A'', & F'', & E'' \\ F'', & B'', & D'' \\ E'', & D'', & C'' \end{vmatrix} = \text{const.} \end{aligned}$$

the equation to be solved takes the form:

(29) $$\begin{aligned} \Delta N_{002} = (B''C'' - D''^2)\gamma_{13}^2 + (C''A'' - E''^2)\gamma_{23}^2 \\ + (A''B'' - F''^2)\gamma_{33}^2 + 2(D''E'' - C''F'')\gamma_{13}\gamma_{23} \\ + 2(E''F'' - A''D'')\gamma_{23}\gamma_{33} + 2(F''D'' - B''E'')\gamma_{33}\gamma_{13}. \end{aligned}$$

30. Integrating however the expression (18) over the other axes one by one, the moments of the second order expressed in the constants of the ellipsoid are easily found. The following six relations are thus obtained:

(30) $$\begin{aligned} \Delta N_{200} &= BC - D^2, \\ \Delta N_{020} &= CA - E^2, \\ \Delta N_{002} &= AB - F^2, \\ \Delta N_{011} &= EF - AD, \\ \Delta N_{101} &= FD - BE, \\ \Delta N_{110} &= DE - CF. \end{aligned}$$

From these relations it is possible to express the coefficients of the ellipsoid in the moments N_{ijk}. We get for these coefficients:

(31)
$$\begin{aligned}
\Delta_1 A &= N_{020} N_{002} - N_{011}^2, \\
\Delta_1 B &= N_{002} N_{200} - N_{101}^2, \\
\Delta_1 C &= N_{200} N_{020} - N_{110}^2, \\
\Delta_1 D &= N_{110} N_{101} - N_{011} N_{200}, \\
\Delta_1 E &= N_{011} N_{110} - N_{101} N_{020}, \\
\Delta_1 F &= N_{101} N_{011} - N_{110} N_{002}.
\end{aligned}$$

where

(32)
$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} N_{200}, & N_{110}, & N_{101} \\ N_{110}, & N_{020}, & N_{011} \\ N_{101}, & N_{011}, & N_{002} \end{vmatrix}.$$

The relations (30) and (31) exist in fact between the coefficients and the moments when referred to any system of coordinates. It is further easily shown that the determinants in the formulæ (30) and (31) are connected through the relation

$$\Delta = 1 : \Delta_1.$$

31. Using exclusively observations in the line of sight, the third relation in (30), coincident with (29), gives us the equation of condition. Solving the unknown quantities in the right member of (29) by the method of least squares we get in the usual way the squares of the three axes of the velocity ellipsoid expressed through

(33)
$$-\frac{\Delta}{s_1}, \quad -\frac{\Delta}{s_2}, \quad -\frac{\Delta}{s_3},$$

where s_1, s_2, s_3 are the roots of the equation

(34)
$$s^3 - (A'' + B'' + C'')\, s^2 + (A''B'' + B''C'' + C''A'' - D''^2 - E''^2 - F''^2)\, s - \Delta = 0.$$

The direction cosines λ, μ and ν of the three axes are finally given through

(35)
$$\begin{aligned}
(A'' - s_i)\,\lambda + F''\mu + E''\nu &= 0, \\
F''\lambda + (B'' - s_i)\,\mu + D''\nu &= 0, \\
E''\lambda + D''\mu + (C'' - s_i)\,\nu &= 0,
\end{aligned}$$

where for a certain axis the corresponding value of s_i is to be substituted.

32. There are twenty-four equations of condition of the form (29) to be solved. The number of stars in the different spectral classes being rather small for separate solutions, I have found it convenient to treat them in the three following groups:

Group	Spectral classes	Number of stars
1	*B* and *A*	510
2	*F* and *G*	445
3	*K* and *M*	571

As the stars in the different squares are varying in number, the weight of each equation was put equal to the number of stars entered. Further by this combination of the spectral classes, in the left member of (29) the quantity N_{002} was exchanged by:

$$n_1\sigma_1^2 + n_2\sigma_2^2$$

where n_1, σ_1 and n_2, σ_2 are referred to the two combined spectral classes. The procedure mentioned signifies indeed a neglecting of the difference of the two means, but as this is small for neighbouring spectral classes I have for practical reasons used the above expression. For the two groups »magn $\leq$ 4.9» and »all stars» the dispersions were computed about the observed means and the weights were considered equal for all squares.

TABLE XI.

The axes of the velocity ellipsoids and their directions from observations in the line of sight.

Type	Number of stars	Principal vertex			Secondary vertex			Third direction		
		α	δ	σ	α	δ	σ	α	δ	σ
B and *A*	510	280°.1	− 19°.5	3.102	12°.9	− 8°.0	2.728	304°.2	+ 68°.8	1.727
F and *G*	445	253°.7	+ 0°.5	4.952	343°.3	− 37°.9	3.670	344°.1	+ 53°.0	3.023
K and *M*	571	248°.9	− 14°.1	4.508	338°.5	− 2°.2	4.266	257°.2	+ 76°.0	4.003
Magn.										
magn $\leq$ 4.9	1069[2]	262°.3	− 7°.2	4.201	358°.4	− 40°.5	3.473	344°.1	+ 48°.6	2.669
magn $\geq$ 5.0	462	259°.9	− 0°.2	4.507	349°.8	− 6°.5	4.191	348°.2	+ 83°.8	3.635
all stars	1526[2]	264°.1	− 5°.2	4.246	357°.1	− 29°.9	3.766	336°.5	+ 59°.5	3.056

33. In table XI the results are tabulated. The column indicated by *principal vertex* gives the magnitude and the direction of the largest axis and coincides approximatively with the vertex found by SCHWARTZSCHILD[1] from the proper motions of stars ($\alpha = 273°$, $\delta = -6°$). The column *secondary vertex* contains the next axis, which is directed against the pole of the Milky Way. The last column finally gives the direction of the shortest axis and its length. It is remarkable that the shortest axis as well as the longest coincides approximatively with the plane of the Milky Way.

34. To get a wiew of the positions of the velocity ellipsoids I have tried to make a graphical demonstration. The figures 10—13 represent the sky and its division into squares. The dotted line and the black star indicate the position of the Milky Way (pole: $\alpha = 191°.2$ $\delta = +18°.0$). The ellipsoids are assumed to be drawn in the system of coordinates determined by the position of the axes, and

[1] K. SCHWARTZSCHILD: Ueber die Eigenbewegungen der Fixsterne.
[2] Including 5 stars of spectral type *Oe*.

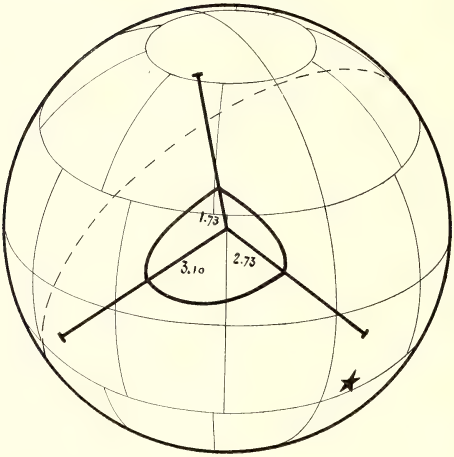


Fig. 10.

Velocity-ellipsoid from radial velocity observations of 510 stars of spectral types *B* and *A*. The black star and the dotted line indicate the position of the Milky Way, and the numbers the lengths of the axes.

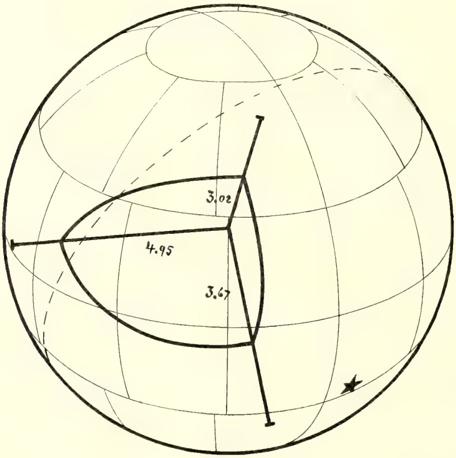


Fig. 11.

Velocity-ellipsoid from radial velocity observations of 445 stars of spectral types *F* and *G*.

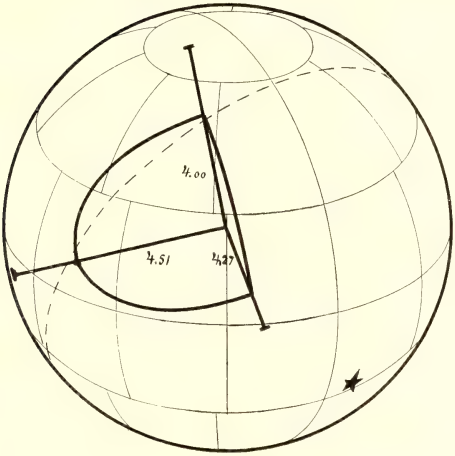


Fig. 12.

Velocity-ellipsoid from radial velocity observations of 571 stars of spectral types K and M.

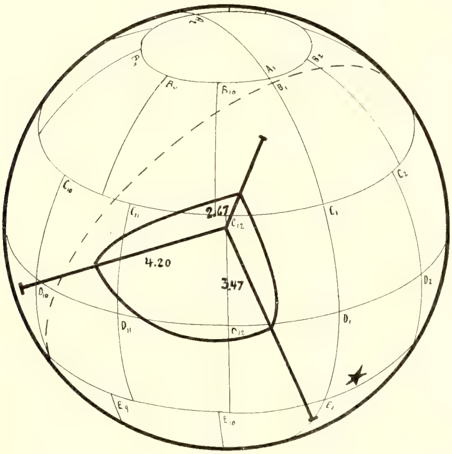


Fig. 13.

Velocity-ellipsoid from radial velocity observations of 1069 stars of magnitudes ≤ 4.9.

with its origin coincident with the centre of the sphere. The numbers indicate the lengths of the axes. The figure 13 contains besides the denominations of the squares.

35. In order to get an idea of to what degree the ellipsoidal hypothesis satisfies the observed data I have recalculated from the elements of the ellipsoid the dispersion in the velocity distribution for each square, and compared it with the observed value. These recalculations were easily performed with the aid of the formula (29) page 33.

TABLE XII.

Comparison between observed and recomputed dispersion in the line of sight.

Square	Number of stars	Magn $\leq$ 4.9. Dispersion		Number of stars	All stars. Dispersion	
		computed	observed		computed	observed
$A_1 + F_2$	26	3.175	3.328	46	3.337	3 513
$A_2 + F_1$	39	3.024	4.099	67	3.244	3.979
$B_1 + E_6$	67	2.961	2.763	89	3.260	3.426
$B_2 + E_7$	57	3.535	2.791	82	3.642	3.408
$B_3 + E_8$	51	3.833	3.955	69	3.888	4.179
$B_4 + E_9$	36	3.730	3 633	63	3.869	3.383
$B_5 + E_{10}$	41	3.507	3.564	65	3.747	3.821
$B_6 + E_1$	33	3.496	2.227	59	3.729	3.027
$B_7 + E_2$	42	3.597	3,419	62	3.769	3.501
$B_8 + E_3$	48	3.458	3.164	78	3.653	3.132
$B_9 + E_4$	70	3.006	2.709	104	3.343	3.191
$B_{10} + E_5$	60	2.675	2.590	86	3.110	2.941
$C_1 + D_7$	35	3.209	3.046	38	3.565	3.216
$C_2 + D_8$	40	3.793	3.976	51	3.929	3.770
$C_3 + D_9$	68	4.162	3.879	87	4.196	3.705
$C_4 + D_{10}$	43	4.082	4.462	63	4.178	4.441
$C_5 + D_{11}$	38	3.671	3.643	52	3.937	3.918
$C_6 + D_{12}$	32	3.344	3.621	39	3.733	3.956
$C_7 + D_1$	27	3.474	3.135	47	3.790	3.932
$C_8 + D_2$	37	3.872	4.826	54	4.026	4.783
$C_9 + D_3$	46	4.076	4.018	60	4.158	4.339
$C_{10} + D_4$	61	3.849	3.654	75	4.016	4.038
$C_{11} + D_5$	38	3.315	3.210	53	3.676	3.861
$C_{12} + D_6$	34	2.954	3.375	42	3.439	3.386

The table XII gives this comparison for the groups »magn ≤ 4.9» and »all stars». It is however very difficult from this table to draw any positive conclusions to the favour of the ellipsoidal hypothesis. A graphical comparison will meet with obstacle. I have however in the fig. 14 and fig. 15 for the B-squares and the C-squares compared the observed and the recomputed values of the dispersion for the group »magn ≤ 4.9». The former are represented by small circles and the latter by the full drawn line. The agreement seems very good in spite of the small number of stars used. The shortest axis, situated in the square B_{10} is very well marked out by the observations. It is however to be observed that these curves are only sections through the surface in question.

36. From the above results it may be established that the three axial velocity distribution of the stars as derived from radial velocity observations is closely related to the galactic system, and further that the longest and shortest axes of the

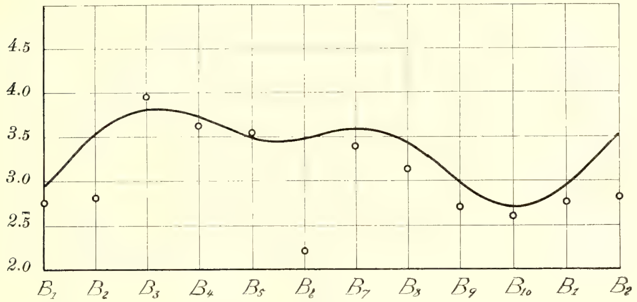


Fig. 14.

Graphical comparison between observed and computed dispersion in the line of sight for stars of magnitudes ≤ 4.9. Squares B_1 to B_{10}.

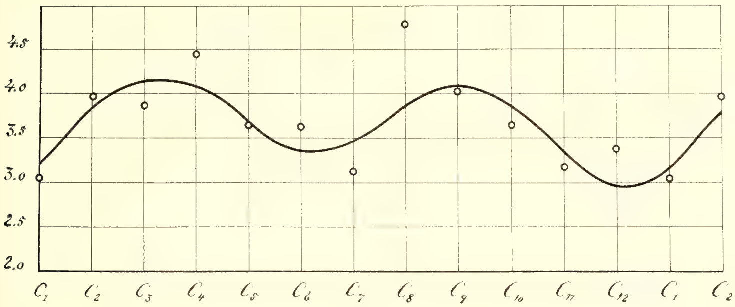


Fig. 15.

Graphical comparison between observed and computed dispersion in the line of sight for stars of magnitudes ≤ 4.9. Squares C_1 to C_{10}.

ellipsoids are both coincident with the plane of the Milky Way. It is true that the directions of the axes of the ellipsoid from the different groups are diverging, but this divergence is surely due to the small number of observations. In each case the arrangement of the three axes is the same.

Examination of the velocity distribution of stars of different spectral classes in relation to the galactic system.

37. The velocity distribution being known to be closely related to the plane of the Milky Way, it may be convenient from many points of wiew directly to determine the moments in the galactic system by a transformation of the coordinates. To this end I have used a galactic system defined in the following way: The positive Z-axis is directed towards the pole of the Milky Way: $\alpha = 191^{\circ}.2$, $\delta = +28^{\circ}.0$, the positive Ξ-axis is directed towards a point: $\alpha = 274^{\circ}.6$, $\delta = -12^{\circ}.0$, situated in the Milky Way and approximatively coinciding with the principal vertex. The H-axis lies in the plane of the Milky Way.

For the relations between this system, denoted by G, and the other systems I have used the following denominations and direction cosines

		G:		
		Ξ	H	Z
	X	β_{11}	β_{21}	β_{31}
K_3:	Y	β_{12}	β_{22}	β_{32}
	Z	β_{13}	β_{23}	β_{33}

		K_2:		
		X''	Y''	Z''
	Ξ	a_{11}	a_{21}	a_{31}
G:	H	a_{12}	a_{22}	a_{32}
	Z	a_{13}	a_{23}	a_{33}

The numerical values of the direction cosines I have published in another paper [1]; here I only reprint the a_{ij} quantities, owing to some small misprints in the paper mentioned:

$$a_{11} = +0.0801, \quad a_{12} = +0.4933, \quad a_{13} = -0.8661,$$
$$a_{21} = -0.9749, \quad a_{22} = -0.1425, \quad a_{23} = -0.1715,$$
$$a_{31} = -0.2079, \quad a_{32} = +0.8581, \quad a_{33} = +0.4695.$$

38. Let the three velocity components of a single star in the system K_3 be denoted by

$$U, \quad V, \quad W,$$

and let the velocity components of the same star in the system G be denoted by

$$\Xi, \quad \mathrm{H}, \quad \mathrm{Z},$$

then from the schemes above we get the following relations:

$$(36) \qquad \begin{aligned} U &= \beta_{11}\,\Xi + \beta_{21}\,\mathrm{H} + \beta_{31}\,\mathrm{Z}, \\ V &= \beta_{12}\,\Xi + \beta_{22}\,\mathrm{H} + \beta_{32}\,\mathrm{Z}, \\ W &= \beta_{13}\,\Xi + \beta_{23}\,\mathrm{H} + \beta_{33}\,\mathrm{Z}, \end{aligned}$$

* On the absolute motion of 160 parallax-stars by K. W. Gyllenberg. Meddelande fr. Lunds Astr. Obs. No. 65.

and

$$(36^*)\qquad \begin{aligned} \Xi &= \beta_{11}\, U + \beta_{12}\, V + \beta_{13}\, W, \\ \mathrm{H} &= \beta_{21}\, U + \beta_{22}\, V + \beta_{23}\, W, \\ \mathrm{Z} &= \beta_{31}\, U + \beta_{32}\, V + \beta_{33}\, W. \end{aligned}$$

The moments in the galactic system are now easily found through the transformation of the coordinates.

In general we get:

$$(37)\qquad M(U^i V^j W^k) = M\,[(\beta_{11}\Xi + \beta_{21}\mathrm{H} + \beta_{31}\mathrm{Z})^i\,(\beta_{12}\Xi + \beta_{22}\mathrm{H} + \beta_{32}\mathrm{Z})^j\,(\beta_{13}\Xi + \beta_{23}\mathrm{H} + \beta_{33}\mathrm{Z})^k].$$

and

$$(37^*)\qquad M(\Xi^i \mathrm{H}^j \mathrm{Z}^k) = M\,[(\beta_{11} U + \beta_{12} V + \beta_{13} W)^i (\beta_{21} U + \beta_{22} V + \beta_{23} W)^j (\beta_{31} U + \beta_{32} V + \beta_{33} W)^k].$$

Regarding the first of these expressions for $i = j = 0$ and $k = 2$, and developing the right member, we now get the following relation:

$$(38)\qquad \begin{aligned} N_{002} = {} & \beta^2_{13} N^G_{200} + \beta^2_{23} N^G_{020} + \beta^2_{33} N^G_{002} + 2\,\beta_{23}\,\beta_{33} N^G_{011} + 2\,\beta_{13}\,\beta_{33} N^G_{101} + \\ & + 2\,\beta_{13}\,\beta_{23} N^G_{110}\,. \end{aligned}$$

Here are

$$N_{ijk} = M(U^i V^j W^k),$$

and

$$N^G_{ijk} = M(\Xi^i \mathrm{H}^j \mathrm{Z}^k).$$

The left member of (38) is the observed quantity in the square and the right member contains the unknown moments in the galactic system. The number of these may however be reduced. Assuming the velocity distribution uncorrelated in this system, the last three unknown quantities may be put equal to zero. In the same manner we may solve the equation when the frequency surface is assumed to be represented by an ellipsoid of revolution. Then we have to put

$$N^G_{020} = N^G_{002}\,.$$

Here however the restriction remains that the frequency function is regarded as uncorrelated in the Ξ-H plane as well as the Ξ-Z plane.

From equation (38) the dispersions in the three galactic main directions were now computed. In the table XIII the results are given for each separate spectral-class. The dispersions are indicated by Σ_{ijk}

TABLE XIII.

The mean velocities in the three main directions in the galactic system.

Spectral Class	Number of stars	Σ_{200}		Σ_{020}		Σ_{002}	
B	247	1.863	± 0.549	2.002	± 0.216	1.268	(± 0.162)
A	263	3.932	± 0.260	2.338	± 0.754	2.676	± 0.519
F	237	4.546	± 0.338	3.376	± 0.299	3.306	± 0.696
G	208	4.921	± 0.387	2.643	± 1.063	4.549	± 0.877
K	486	4.480	± 0.191	3.979	± 0.167	4.149	± 0.382
M	85	4.362	± 1.029	4.829	± 2.641	4.437	± 2.013
magn $\leq$ 4.9	1069	4.178	± 0.093	2.631	± 0.244	3.565	± 0.186

39. With the exception of the class *B* stars, the mean velocities in the three directions agree very well with the results found from the solution of the velocity ellipsoid, where the spectral classes were taken in groups. Concerning the Class *B* stars, their velocity distribution seems in opposition to the other stars to be represented by an ellipsoid, flattened in the plane of the Milky Way. I will however discuss this fact in another place.

The relative magnitude of the mean velocities in the separate spectral classes are the same as before, a fact that is very striking. It seems as if the mean velocity in the direction of the principal vertex, except for the *B* class stars, were almost constant and the mean velocities in the other directions gradually increase when passing through the spectral classes from *A* to *M*. In the *M* class the three axes are equal, the velocity distribution is here almost spherical, quite in agreement with the proposition pronounced by Charlier that the velocity distribution of stars with increasing age must necessarily accept a globular shape.

But how can this circumstance be connected with the theory of giant and dwarf stars, and the existence of two types of age in each spectral class? Especially concerning the class *M* stars there exists a contradiction. These stars necessarily contain a majority of giant stars, at least when, as here, only the bright stars are considered. Is this really the case the globular velocity surface of the class *M* stars will represent the distribution of the velocities of the youngest of the stars.

A peculiarity that, as mentioned, seems quite striking, is the fact that the velocity ellipsoids have their shortest and longest axes situated in the plane of the Milky Way. The velocity ellipsoids are flattened perpendicular to this plane and not flattened along it, as was found from proper motion observations. It is however not difficult to overcome this contradiction as far as the proper motion results are concerned. A variation in terms of galactic latitude of the mean parallaxes of the

stars or perhaps also the parameter λ_1 will be sufficient to bring the two ellipsoids to coincide.

40. As remarked before, the class B stars showed a very singular velocity distribution. CAMPBELL says that for these stars there seems to exist no distinct vertex direction, further he points out that the average velocity of the same stars in a region of the sky $\alpha = 12^h$ to 18^h and $\delta = 0^0$ to -70^0 seems to be smaller than for the other parts of the sky.

The equation (38) however gives us a possibility to study this case more closely when all moments of the right membrum are considered.

In spite of the small total number of stars, which will cause large mean errors in the six unknown quantities, the complete solution of (38) will give an idea of the position of the velocity ellipsoid. The solution gave the following values of the moments:

$$N^G_{200} = +3.979, \quad N^G_{020} = +4.084, \quad N^G_{002} = +2.438,$$
$$N^G_{011} = +0.211, \quad N^G_{101} = -2.143, \quad N^G_{110} = +0.167.$$

From these values the position of the velocity ellipsoid and the length of its axes were computed. This ellipsoid was found to be represented by a surface of revolution. The two equal axes have a length of 2.166 Sm. and the third — the shortest — has a length of 0.956 Sm. and is directed towards a point: $\alpha = 244^0.6$, $\delta = +12^0.2$, or about 35^0 from the pole of the Milky Way. This point lies in the square C_8. A mean of the dispersion in this and the surrounding squares gave $\sigma = 1.406 \pm 0.176$ Sm. from 32 stars.

Now it may be observed that the distribution of Class B stars relative to the galactic plane will cause a large uncertainty in the determination of the axis directed towards the pole of the Milky Way. I found it therefore convenient to make a new solution assuming the moments

$$N^G_{011} = N^G_{101} = 0.$$

This solution gave the following results:

$$N^G_{200} = +3.486, \quad N^G_{020} = +4.008, \quad N^G_{002} = +1.604, \quad N^G_{110} = +0.082.$$

The last moment shows a very small correlation. The moment N^G_{020} seems to point to a large mean velocity in this direction, but, as the mean error is large, the velocity distribution is quite circular in the plane of the Milky Way. To test the reality of the flat shape of the ellipsoid I have computed the mean velocities for the two groups of squares surrounding the plane and the pole of the Milky Way.

The following results were obtained:

	Class B stars surrounding the plane of the M. W.	Class B stars surrounding the pole of the M. W.
Number of stars	188	59
Mean velocity	1,936 ± 0.100	1.555 ± 0.143
Values computed from the velocity ellipsoid constants	1.867 2.002	1.267

The difference seems to indicate the reality of a peculiar velocity distribution of the class B stars. However, if there exists a difference in the value of K in different parts of the sky this circumstance will largely influence the results.

41. It seems very remarkable that the stars of type B have like the stars of type, M, a circular distribution in the plane of the Milky Way. This is unexpected and we should indeed expect to find the largest divergence between these two groups. Regarding however the proportion of giant and dwarf stars in these spectral classes, a certain similarity is to be found, which perpaps will help to explain the fact. The class Bstars, having small dispersion of the absolute magnitude, contain exclusevily stars of the giant type. In the following classes the relative number of entering dwarf stars increases and has its maximum in one of the intervening classes. As the material may approximatively be considered to contain stars brighter than a certain magnitude the giant stars belonging to the class M will be relatively favoured, while only the nearest of the dwarf stars enter. The catalogue contains further only seven stars of type M, whose parallaxes are determined. Also, the determination of the mean parallax of the class M stars gives a small value pointing to the presence of large number giant stars.

Returning to the examination of the constant K, this was shown to be almost equal in sign and magnitude for stars of classes B and M. This was found to be also the case both for the sun's relative velocity as for the mean distances. And finally looking back to the figures 2—8 we found a new similarity concerning the variation of the constant K in terms of angular distances from the principal vertex. The two spectral types thus give a distinct positive displacement of the mean in the direction of the principal vertices, without giving any tendency to a larger mean velocity in the same directions.

Unfortunately there are too few stars to confirm any explanations.

The mean errors in the moments of the second order.

42. The quantities in table XIII are computed by a linear transformation of the observed values of σ. Let the mean error in one observation of the left membrum of (38) be

$$\sigma'' = \varepsilon(\sigma^2),$$

then the mean errors in the unknown quantities are expressed through the formula

$$\varepsilon(N_{ijk}^{g}) = \frac{\sigma''}{\sqrt{p}}.$$

Observing that

$$\varepsilon(\sigma^2) = 2\,\sigma\varepsilon(\sigma)$$

and

$$\varepsilon(\sigma) = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}},$$

where n is equal to the number of stars in a certain square. Putting now for n a mean number so that

$$n = N : 24$$

and writing for σ and $\varepsilon(\sigma)$ the values from table X, then the formula takes the form

$$\varepsilon(\sigma^2) = 2\,\sigma\,\varepsilon(\sigma)\sqrt{24}$$

and consequently

$$\varepsilon(N''_{200}) = \frac{2\,\sigma\,\varepsilon(\sigma)\sqrt{24}}{\sqrt{p}}\,.$$

A new approximation by putting $\Sigma_{ijk} = \sigma$ in the different cases will give the final expression:

$$\varepsilon(\Sigma_{ijk}) = \frac{\varepsilon(\sigma)\sqrt{24}}{\sqrt{p}}\,.$$

In this way the mean errors in table XIII were computed. Especially for the class *B* stars they will be erroneous, but the values on the whole give a view of the magnitude of the mean errors for each spectral group.

Concerning the mean error in the determination of the velocity ellipsoids, I have for the group »stars of magn. $\leq$ 4,9» derived the mean errors in the lengths of the axes. These were found to be equal for the three axes and amounting to 0,160 Sm. From this value I have with the aid of the short method, used by Mr. Wicksell, computed the mean error in the galactic coordinates of the vertices. The following values were obtained:

	Ξ-axis	H-axis
Mean error in gal. latitude	$\pm$ 4°.3,	$\pm$ 4°.3,
» » » » longitude	$\pm$ 3°.4,	$\pm$ 17°.2.

For the position of the axis directed towards the pole of the Milky Way, the mean error in the direction $\Xi - Z$ is equal to $\pm$ 3°.4, and in the direction $H - Z$ the mean error amounts to $\pm$ 17°.2.

The moments of higher order.

43. In the following table XIV the values of the skewness — S — and the excess — E — are tabulated. Owing to the small number of stars I have combined the spectral classes in groups; the stars of classes *B* and *A* were however separated on account of the peculiar velocity distribution of the former class.

For each computation the stars from six representative squares were used. Further the stars were limited to magn $\leq$ 4.9.

Unfortunately the number of stars in the different spectral groups are small. In several cases the mean errors are too large to give a real meaning of the characteristic. The throughout negative skewness in the direction of the principal vertex is

TABLE XIV.

The values of the skewness — S — and the excess — E — in the three main directions of the galactic system.

The skewness.

Sp. Group	Ξ		H		Z	
	N	S	N	S	N	S
B	62	+ 0.081	82	— 0.374	—	—
A	57	— 0.141	42	— 0.128	50	+ 0.016
F and G	67	— 0.083	62	+ 0.039	45	+ 0.059
K and M	109	— 0.159	118	+ 0.068	90	+ 0.013
magn. $\leq$ 4.9	295	— 0.134	304	+ 0.007	196	+ 0.008

The excess.

Sp. Group.	Ξ		H		Z	
	N	E	N	E	N	E
B	62	+ 0.014	82	+ 0.181	—	—
A	57	— 0.114	42	± 0.000	50	— 0 016
F and G	67	— 0.053	62	— 0.026	45	+ 0.192
K and M	109	— 0.024	118	+ 0.075	90	+ 0.021
magn. $\leq$ 4.9	295	+ 0.004	304	+ 0.109	196	+ 0.116

remarkable. Further the large difference between the values of S for the class B stars in the Ξ and H directions is very striking.

The most interesting of these values are perhaps the results from the group magn. $\leq$ 4.9, since for this group it is possible to get a comparison with the same characteristics found from proper motion observations.

Recently Mr. Wicksell has finished an investigation of the proper motions of the stars of magnitude brighter than 6.0, in which he gives the characteristics up to the fourth order of the frequency function of the *linear* motions referred to a system of coordinates very nearly coincident with the galactic system used in this chapter and denoted by G.

From his tables, which he kindly lent me, it appears that the skewness and the excess of the motions as projected on the Ξ, H and Z axes are as given in the following cheme. To get a comparison I reprint the values from table XIV adding the mean errors.

Graphical representation of the frequency function of the velocities of stars of magn ≤ 4.9 in the three main directions of the Milky Way.

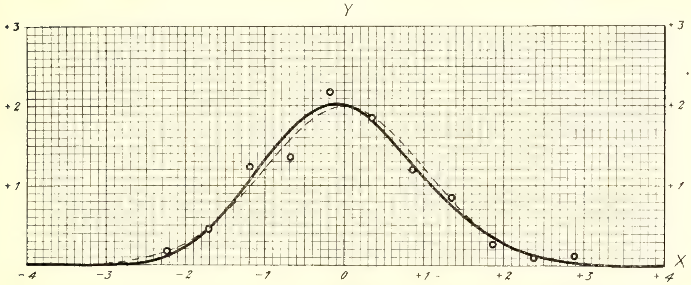


Fig. 16. Ξ *Principal vertex*

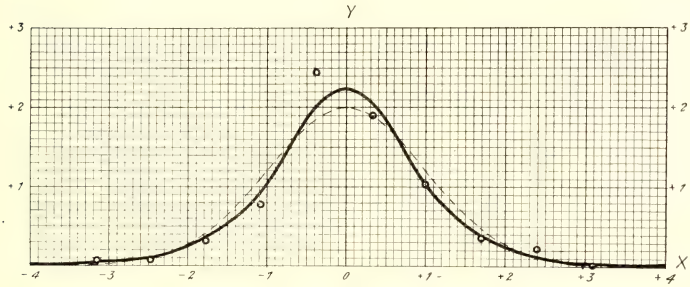


Fig. 17. H

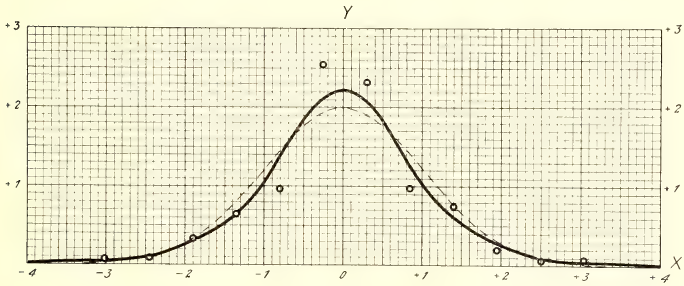


Fig. 18. Z *The pole of the Milky Way*

		Values from radial velocities (Gyllenberg) stars of magn. ≤ 4.9.	Values from proper motions (Wicksell) stars of magn. ≤ 5.9.
	Ξ	-0.134 ± 0.113	-0.084 ± 0.017
Skewness:	H	$+0.007 \pm 0.111$	$+0.039 \pm 0.078$
	Z	$+0.008 \pm 0.138$	$+0.131 \pm 0.038$
	Ξ	$+0.004 \pm 0.036$	-0.141 ± 0.007
Excess:	H	$+0.109 \pm 0.035$	-0.028 ± 0.033
	Z	$+0.116 \pm 0.044$	$+0.273 \pm 0.085$

Except the in case of the excess in the Ξ components and perhaps also in the H components these values are of the same order of magnitude as ours for stars of magn. ≤ 4.9. As pointed out by Wicksell another choice of the numerical value of the fundamental stellar constant q', entering the density and luminosity functions, on which his results depend, would make his values grow considerably in magnitude and make them still less in consistence with the above radial velocity results.

In the figures 16—18 I have made a graphical representation of the frequency function of the velocities when regard is taken to the higher characteristics. The dotted line denotes the normal curve. The small circles represent the observations and the drawn line is the theoretical curve.

CHAPTER IV.

A treatment of proper motion and radial velocity in common

44. As mentioned in the first chapter the proper motions in right ascension and declination were in the catalogue noted for each star. In this chapter I will through a combination of proper motion and radial velocity observations derive the mean parallaxes of the stars.

Before going further, however, I have rejected all stars whose proper motions exceed 0″.500 per year. In his memoir CHARLIER rejects all stars having proper motions larger than 0″.400. I have altered this limit because it seems to me that too many stars will be rejected in this way, compared with those having radial velocities larger than 14.0 Sm.

The remaining stars are distributed in the squares according to the table XV. Here is also noted the number of rejected stars.

TABLE XV.

Number of stars after rejecting those whose velocities in any direction are very large.

Square	n	x or $y > 0.500$ $z > 1.400$
A_1	16	1
A_2	25	5
B_1	31	10
B_2	31	6
B_3	24	2
B_4	22	6
B_5	24	8
B_6	23	1
B_7	22	5
B_8	31	4
B_9	39	4
B_{10}	31*	3
C_1	21	3
C_2	26	4
C_3	49	4
C_4	26*	7
C_5	22	1
C_6	19	1
C_7	28	2
C_8	26	5
C_9	18	4
C_{10}	33	8
C_{11}	27	3
C_{12}	27	3
D_1	15	2
D_2	19	4
D_3	36*	4
D_4	35*	3
D_5	23	1
D_6	12	—
D_7	13	2
D_8	22	4
D_9	34	2
D_{10}	30	1
D_{11}	27	2
D_{12}	19	—
E_1	32	5
E_2	36	3
E_3	43	3
E_4	62	2
E_5	52	1
E_6	49	1
E_7	46*	3
E_8	43	2
E_9	32	5
E_{10}	32	3
F_1	36	2
F_2	28	2

* Including one star of type *Oe*.

General formulæ for determining the apex direction and related constants.

45. Let, as before, the relative velocity of the sun in the system K_2 be expressed through the three components

$$U_0'', \quad V_0'', \quad W_0''.$$

Assume further the displacement of the mean in each square to be caused by the sun's motion, then these displacements

$$x_0, \quad y_0, \quad z_0,$$

may be expressed in linear measure through

$$\begin{aligned} x_0 &= \vartheta_1 \, X_0, \\ y_0 &= \vartheta_1 \, Y_0, \\ z_0 &= \, Z_0. \end{aligned} \tag{39}$$

Here ϑ_1 denotes the mean of the reciprocal value of the distances, so that

$$\vartheta_1 = M\left(\frac{1}{r}\right). \tag{40}$$

The third coordinate, the mean from the radial velocity observations may be considered as indepedent of the distances.

Knowing the three volocity components in the K_3 system, we may according to the scheme page 13 express them in relation to the system K_2 so that

$$\begin{aligned} \gamma_{11}\,\vartheta_1\,U_0'' + \gamma_{21}\,\vartheta_1\,V_0'' + \gamma_{31}\,\vartheta_1\,W_0'' - x_0 &= 0, \\ \gamma_{12}\,\vartheta_1\,U_0'' + \gamma_{22}\,\vartheta_1\,V_0'' + \gamma_{32}\,\vartheta_1\,W_0'' - y_0 &= 0, \\ \gamma_{13}\quad U_0'' + \gamma_{23}\quad V_0'' + \gamma_{33}\quad W_0'' - z_0 &= 0. \end{aligned} \tag{41}$$

46. It is however possible to generalize these formulæ.

At first we may assume that the node of the invariable plane has a retrograde motion in relation to a fixed plane [1]. CHARLIER has deduced the necessary expressions, but owing to the new definition of the positive axes I will here reprint the complete formula.

Let the velocity of rotation about the instantaneous axis be ω, then we have

$$\begin{aligned} \omega_x &= \omega \cos\delta_0 \cos\alpha_0, \\ \omega_y &= \omega \cos\delta_0 \sin\alpha_0, \\ \omega_z &= \omega \sin\delta_0 \quad . \end{aligned} \tag{42}$$

---

[1] Se CHARLIER loc. cit. pages 76—78.

The variations caused by this rotation in the angular coordinates of a star now get the form:

(43)
$$\cos\delta\,\Delta\alpha = \sin\delta\,\cos\alpha\,\omega_x + \sin\delta\,\sin\alpha\,\omega_y - \cos\delta\,\omega_z\,,$$
$$\Delta\delta = -\sin\alpha\,\omega_x + \cos\alpha\,\omega_y\,.$$

Considering however the expression for the direction cosines

$$\gamma_{12} = -\sin\delta\cos\alpha,$$
$$\gamma_{22} = -\sin\delta\sin\alpha,$$
$$\gamma_{32} = \cos\delta\,,$$
$$\gamma_{11} = -\sin\alpha\,,$$
$$\gamma_{21} = \cos\alpha\,,$$

the formulæ (44) may be written

(44)
$$\cos\delta\,\Delta\alpha = -\gamma_{12}\,\omega_x - \gamma_{22}\,\omega_y - \gamma_{32}\,\omega_z\,,$$
$$\Delta\delta = \gamma_{11}\,\omega_x + \gamma_{21}\,\omega_y.$$

The quantities ω_x, ω_y and ω_z being known, the formula (42) gives the position of the axis of rotation as well as the annual amount of this rotation.

Assume further the observed means of the radial velocities to be affected by a displacement — K — of objective existence or due to an error in the measurements, the final equations get the following forms:

(45)
$$\gamma_{11}\,\vartheta_1\,U_0'' + \gamma_{21}\,\vartheta_1\,V_0'' + \gamma_{31}\,\vartheta_1\,W_0'' - \gamma_{12}\,\omega_x - \gamma_{22}\,\omega_y - \gamma_{32}\,\omega_z - x_0 = 0,$$
$$\gamma_{12}\,\vartheta_1\,U_0'' + \gamma_{22}\,\vartheta_1\,V_0'' + \gamma_{32}\,\vartheta_1\,W_0'' + \gamma_{11}\,\omega_x + \gamma_{21}\,\omega_y - y_0 = 0,$$
$$\gamma_{13}\,U_0'' + \gamma_{23}\,V_0'' + \gamma_{33}\,W_0'' + K - z_0 = 0.$$

47. Forming the normal equations, we get from each of the equations (45) three different systems:

a. Normal equations from the motion in right ascension:

(46)
$$[\gamma_{11}\,\gamma_{11}]\,\vartheta_1\,U_0 - [\gamma_{11}\,x_0] = 0,$$
$$[\gamma_{21}\,\gamma_{21}]\,\vartheta_1\,V_0 - [\gamma_{21}\,x_0] = 0,$$
$$— \quad — \quad —$$
$$[\gamma_{12}\,\gamma_{12}]\,\omega_x + [\gamma_{12}\,x_0] = 0,$$
$$[\gamma_{22}\,\gamma_{22}]\,\omega_y + [\gamma_{22}\,x_0] = 0,$$
$$[\gamma_{32}\,\gamma_{32}]\,\omega_z + [\gamma_{32}\,x_0] = 0.$$

b. Normal equations from the motion in declination:

(47)
$$[\gamma_{12}\,\gamma_{12}]\,\vartheta_1\,U_0'' - [\gamma_{12}\,y_0] = 0,$$
$$[\gamma_{22}\,\gamma_{22}]\,\vartheta_1\,V_0'' - [\gamma_{22}\,y_0] = 0,$$
$$[\gamma_{32}\,\gamma_{32}]\,\vartheta_1\,W_0'' - [\gamma_{32}\,y_0] = 0,$$

$$[\gamma_{11}\,\gamma_{11}]\,\omega_x - [\gamma_{11}\,y_0] = 0,$$
$$[\gamma_{21}\,\gamma_{21}]\,\omega_y - [\gamma_{21}\,y_0] = 0,$$
$$— \quad — \quad —$$

c. Normal equations from the motion in the line of sight:

$$\begin{aligned}
&[\gamma_{13}\,\gamma_{13}]\ U_0'' - [\gamma_{13}\,z_0] = 0,\\
(48)\qquad &[\gamma_{23}\,\gamma_{23}]\ V_0'' - [\gamma_{23}\,z_0] = 0,\\
&[\gamma_{33}\,\gamma_{33}]\ W_0'' - [\gamma_{33}\,z_0] = 0,\\
&48K - [z_0] = 0.
\end{aligned}$$

In the last equation the coefficient of K denotes the number of squares. The equations (48) are indeed identical with (5) chapter II.

Solving the three systems simultaneously, we may multiply the last system with ϑ_1. Then we get

$$\begin{aligned}
&48\,\vartheta_1\ U_0'' - [\gamma_{11}\,x_0] - [\gamma_{12}\,y_0] - [\gamma_{13}\,z_0]\,\vartheta_1 = 0,\\
(49)\qquad &48\,\vartheta_1\ V_0'' - [\gamma_{21}\,x_0] - [\gamma_{22}\,y_0] - [\gamma_{23}\,z_0]\,\vartheta_1 = 0,\\
&48\,\vartheta_1\ W_0'' \qquad\qquad\ - [\gamma_{32}\,y_0] - [\gamma_{33}\,z_0]\,\vartheta_1 = 0,
\end{aligned}$$

and

$$\begin{aligned}
&[\gamma_{12}\,\gamma_{12} + \gamma_{11}\,\gamma_{11}]\ \omega_x + [\gamma_{12}\,x_0] - [\gamma_{11}\,y_0] = 0,\\
(49^*)\qquad &[\gamma_{22}\,\gamma_{22} + \gamma_{21}\,\gamma_{21}]\ \omega_y + [\gamma_{22}\,x_0] - [\gamma_{21}\,y_0] = 0,\\
&[\gamma_{32}\,\gamma_{32}]\ \omega_z + [\gamma_{32}\,x_0] \qquad\qquad = 0,\\
&48K - [z_0] = 0.
\end{aligned}$$

48. As seen from what precedes the solution of the motion of the invariable plane as well as of the constant K is quite independent of the solution of the apex direction and the solar motion. This will however only occur when equal weights are given to all squares.

If the weights however vary in any way or if the stars are treated separately the equations get the form:

$$\begin{aligned}
&P\,\vartheta_1\ U_0'' - [\gamma_{11}\,px_0] - [\gamma_{12}\,py_0] - [\gamma_{13}\,pz_0]\,\vartheta_1 = 0,\\
(50)\qquad &P\,\vartheta_1\ V_0'' - [\gamma_{21}\,px_0] - [\gamma_{22}\,py_0] - [\gamma_{23}\,pz_0]\,\vartheta_1 = 0,\\
&P\,\vartheta_1\ W_0'' \qquad\qquad\ - [\gamma_{32}\,py_0] - [\gamma_{33}\,pz_0]\,\vartheta_1 = 0,
\end{aligned}$$

Here p denotes the weight in a single square and

$$P = \Sigma\, p_i \qquad (i = 1,\ 2\ \ldots\ 48)$$

The weights being assumed equal to the numbers of stars we get

$$p = n, \qquad P = N,$$

where n is the number of stars in a single square and N the total number.

In the formula (50) the unknown quantity K is rejected in the present solution because the velocities are already corrected for this constant.

49. The formula (50) may, however, be obtained in a direct way. Observing that

$$X'' = \gamma_{11}\,x + \gamma_{12}\,y + \gamma_{13}\,z,$$
$$Y'' = \gamma_{21}\,x + \gamma_{22}\,y + \gamma_{23}\,z,$$
$$Z'' = \gamma_{31}\,x + \gamma_{32}\,y + \gamma_{33}\,z,$$

we get by summing up:

$$\Sigma\,X'' = N\vartheta_1\;U_0'' = [\gamma_{11}\,\Sigma x] + [\gamma_{12}\,\Sigma y] + [\gamma_{13}\,\Sigma z]\,\vartheta_1,$$
$$\Sigma\,Y'' = N\vartheta_1\;V_0'' = [\gamma_{21}\,\Sigma x] + [\gamma_{22}\,\Sigma y] + [\gamma_{23}\,\Sigma z]\,\vartheta_1,$$
$$\Sigma\,Z'' = N\vartheta_1\;W_0'' = [\gamma_{31}\,\Sigma x] + [\gamma_{32}\,\Sigma y] + [\gamma_{33}\,\Sigma z]\,\vartheta_1.$$

Observing that

$$\Sigma x = n x_0,$$

these formulae are found to be quite identical with (50).

50. In the following all stars fainter than 5.0 were rejected. Such a limitation was made to get results comparable with the proper motion results.

In table XVI the mean displacements for each spectral group in proper motions and radial velocities are tabulated. The table XVII gives the same values for stars brighter than 4.9.

From the equation (49*) the motion of the invariable plane was obtained and expressed through

$$\omega_x = -\,0.00287,$$
$$\omega_y = -\,0.00165,$$
$$\omega_z = +\,0.00234,$$

wich gives

$$\omega = +\,0.00406,$$
$$\alpha_0 = 209^\circ.3,$$
$$\delta_0 = +\,30^\circ.2.$$

Thus the invariable plane has a direct motion to the amount of 0.00406 seconds of arc per year, which value agrees very well with that found by Charlier. The axis of rotation is directed towards a point about 15 degrees from the pole of the Milky Way. For the same motion Charlier has found:

$$\omega = +\,0.003528,$$
$$\alpha_0 = 186^\circ.7,$$
$$\delta_0 = +\,15^\circ.1.$$

51. From the equations (49) and (50) the components of the sun's relative velocity were now computed. Considering these velocities to be known from table IV we may easily find the corresponding value of ϑ_1.

TABLE XVI.

The mean displacements in proper motion and radial velocity of stars of magn. ≤ 4.9.

Square	Class B				Class A				Class F			
	n	x_0	y_0	z_0	n	x_0	y_0	z_0	n	x_0	y_0	z_0
A_1	—	—	—	—	2	−0.021	+0.031	−0.11	2	+0.035	−0.062	−1.99
A_2	2	0.	+0.020	−3.65	1	−0.002	+0.017	−1.69	1	−0.003	−0.268	−2.20
B_1	8	+0.022	−0.010	−1.45	5	+0.158	−0.021	+1.40	1	−0.071	+0.174	+4.50
B_2	9	+0.012	−0.011	+0.41	—	—	—	—	4	+0.056	−0.040	+0.81
B_3	1	+0.031	−0.075	−0.28	5	0.	−0.023	+0.08	1	+0.006	−0.013	+0.80
B_4	—	—	—	—	8	−0.090	−0.056	+0.59	4	−0.058	−0.107	+0.89
B_5	—	—	—	—	7	+0.007	−0.018	−1.37	3	−0.204	−0.068	+3.93
B_6	1	−0.119	−0.021	−2.18	11	−0.022	+0.009	−2.05	2	−0.069	−0.215	−1.89
B_7	2	+0.022	−0.019	−1.85	3	−0.050	+0.009	−1.63	4	−0.051	+0.165	−2.88
B_8	5	−0.007	−0.001	−3.82	7	+0.036	+0.058	−3.52	2	+0.126	+0.027	−5.03
B_9	7	+0.003	−0.005	−5.30	3	+0.022	+0.007	−2.43	3	−0.006	+0.080	−3.60
B_{10}	7	+0.007	−0.005	−3.50	5	+0.123	+0.006	−0.46	3	+0.025	+0.026	−2.56
C_1	1	0.	−0.013	+0.37	6	+0.048	−0.068	+0.36	1	+0.017	−0.232	−1.48
C_2	8	+0.015	−0.039	+1.18	3	+0.107	−0.013	+1.93	—	—	—	—
C_3	12	+0.006	−0.031	+2.98	11	+0.060	−0.036	+6.85	3	+0.096	−0.028	+3.10
C_4	—	—	—	—	4	−0.003	−0.027	+0.71	1	−0.114	−0.201	+5.89
C_5	—	—	—	—	3	−0.027	−0.042	+2.11	2	−0.167	−0.047	+6.84
C_6	—	—	—	—	6	−0.076	−0.059	−0.30	4	−0.081	−0.042	−1.05
C_7	—	—	—	—	3	−0.003	−0.016	−2.53	1	−0.487	+0.026	−3.25
C_8	—	—	—	—	5	+0.049	−0.012	−2.57	2	−0.099	+0.002	−1.22
C_9	1	+0.002	−0.014	−1.75	3	+0.024	−0.082	−3.52	2	−0.107	+0.041	−8.87
C_{10}	4	+0.001	−0.007	−3.46	5	+0.011	+0.030	−4.80	2	+0.116	−0.134	+0.43
C_{11}	3	+0.023	−0.012	−4.29	4	+0.033	−0.034	−2.25	6	+0.088	−0.125	−1.50
C_{12}	3	+0.007	−0.002	+0.38	5	+0.005	−0.067	−0.29	5	+0.248	−0.200	−0.72
D_1	1	+0.008	+0.001	+1.41	—	—	—	—	1	−0.159	−0.079	+0.21
D_2	2	+0.002	−0.007	+1.52	2	+0.011	+0.006	+3.06	2	+0.122	−0.035	−0.37
D_3	14	+0.001	−0.003	+3.88	4	+0.003	−0.018	+3.30	4	−0.078	−0.040	+1.64
D_4	12	−0.006	+0.001	+5.87	3	+0.005	+0.002	+7.40	4	−0.014	+0.023	+6.10
D_5	—	—	—	—	3	−0.007	−0.051	+1.48	2	+0.019	+0.013	+6.09
D_6	—	—	—	—	3	−0.048	−0.031	+2.75	—	—	—	—
D_7	2	−0.101	−0.013	−1.48	2	−0.051	−0.034	+0.30	2	−0.181	−0.058	+0.76
D_8	2	−0.056	−0.030	−1.94	4	−0.078	−0.075	−3.59	3	+0.009	−0.261	−1.15
D_9	5	0.	−0.032	−1.81	8	−0.022	−0.026	−3.38	8	+0.035	−0.091	−0.88
D_{10}	5	+0.015	−0.023	−2.34	—	—	—	—	4	+0.006	−0.015	−4.57
D_{11}	—	—	—	—	6	+0.036	−0.030	−2.47	3	+0.059	−0.072	−0.81
D_{12}	—	—	—	—	3	+0.025	−0.014	+2.25	1	+0.207	+0.045	+5.72
E_1	2	+0.051	−0.038	+2.26	2	+0.041	−0.024	+0.11	1	+0.242	+0.044	−1.06
E_2	2	+0.027	+0.002	+3.04	2	−0.003	+0.016	+4.54	3	+0.106	+0.153	+2.83
E_3	7	−0.006	+0.004	+3.65	1	−0.014	−0.009	+5.28	4	−0.046	+0.055	+1.49
E_4	12	−0.022	+0.006	+3.42	7	−0.029	−0.005	+3.75	4	−0.061	−0.068	+4.03
E_5	8	−0.035	0.	+1.53	3	−0.078	+0.017	+1.62	6	−0.036	−0.008	+1.40
E_6	21	−0.033	−0.026	+1.39	3	−0.156	−0.049	−0.56	4	−0.118	−0.065	+0.18
E_7	11	−0.022	−0.028	−0.64	2	−0.048	−0.066	−0.62	2	−0.190	−0.251	+0.26
E_8	8	−0.006	−0.040	−0.40	5	−0.010	−0.096	−1.17	4	+0.035	−0.121	−2.50
E_9	4	+0.012	−0.069	−0.40	3	+0.086	−0.036	−0.28	1	+0.108	−0.063	+5.07
E_{10}	1	+0.090	+0.011	−0.42	6	+0.087	−0.055	+2.17	1	−0.046	−0.034	+2.11
F_1	3	+0.011	+0.044	+2.89	3	−0.021	+0.075	−0.23	4	+0.018	+0.015	+1.73
F_2	1	+0.011	+0.041	+1.94	2	−0.015	−0.055	+0.99	1	−0.018	+0.060	+6.12

TABLE XVI (continued).

Square	Class G				Class K				Class M			
	n	x_0	y_0	z_0	n	x_0	y_0	z_0	n	x_0	y_0	z_0
A_1	1	— 0.091	+ 0.003	— 5.76	3	+ 0.035	— 0.035	— 2.62	1	+ 0.014	— 0.043	+ 0.35
A_2	2	+ 0.021	— 0.001	— 3.37	10	— 0.016	+ 0.056	— 2.56	—	—	—	—
B_1	2	— 0.107	— 0.197	— 2.27	6	+ 0.039	— 0.057	— 2.28	1	+ 0 183	— 0.115	— 0.69
B_2	6	+ 0.055	— 0.025	+ 1.83	5	+ 0.047	— 0.047	+ 1.89	2	+ 0.065	— 0.054	+ 1.60
B_3	2	+ 0.045	— 0.221	+ 3 04	8	+ 0.016	— 0.070	+ 0.15	1	+ 0.009	— 0.008	— 0.84
B_4	3	— 0.048	— 0.055	+ 1.86	3	— 0.091	— 0.026	+ 4.71	—	—	—	—
B_5	1	+ 0.006	— 0.003	— 1.33	6	— 0.060	— 0.080	— 0.86	1	— 0.080	+ 0.020	— 5.97
B_6	1	— 0.016	— 0.004	— 5.07	—	—	—	—	2	— 0.011	— 0.008	— 4.00
B_7	5	— 0.120	+ 0.092	— 4.22	4	+ 0.005	— 0.026	— 2 20	2	— 0.045	— 0.166	— 2.42
B_8	1	— 0.014	+ 0.007	— 4.33	6	+ 0.021	+ 0.018	— 5.65	2	+ 0.011	+ 0.039	— 6.76
B_9	3	— 0.026	— 0.069	— 2.98	10	+ 0.041	+ 0.028	— 3.98	—	—	—	—
B_{10}	—	—	—	—	9	+ 0.044	— 0.063	— 3.28	—	—	—	—
C_1	4	— 0.007	+ 0.007	+ 1.50	7	+ 0.014	— 0.024	+ 1.71	1	+ 0.093	— 0.011	+ 8.37
C_2	3	— 0.109	— 0.189	+ 0.42	6	+ 0.100	— 0.062	+ 0.06	1	— 0.014	— 0.077	— 6.41
C_3	3	+ 0.036	— 0.057	+ 6.59	7	+ 0.044	— 0.053	+ 6.15	2	+ 0.019	— 0.001	+ 3.64
C_4	2	— 0.011	— 0.041	+ 3.16	8	— 0.025	— 0.103	+ 2.22	2	— 0.001	— 0.065	+ 6.72
C_5	3	— 0.075	— 0.046	+ 4.67	7	— 0.066	— 0.067	+ 4.16	1	— 0.034	— 0.027	+ 3.81
C_6	—	—	—	—	2	+ 0.104	— 0.111	— 0.14	2	— 0.017	— 0.099	+ 5.98
C_7	3	— 0.097	— 0.114	— 3.14	5	— 0 110	—0. 009	— 0.16	1	— 0.475	— 0.064	— 4.83
C_8	2	— 0.155	— 0.073	— 8.80	11	— 0.014	— 0.035	— 3.65	—	—	—	—
C_9	—	—	—	—	8	— 0.066	+ 0.001	— 5.12	1	— 0.012	+ 0.027	— 7.91
C_{10}	5	+ 0.019	— 0.018	— 2.55	10	+ 0.045	— 0.095	— 6.40	1	+ 0.001	+ 0.009	— 0.48
C_{11}	1	— 0.033	— 0.204	— 1.29	5	— 0.016	— 0.030	— 0.61	1	+ 0.017	— 0.004	— 4.80
C_{12}	2	— 0.061	— 0.039	+ 1.09	6	+ 0.075	— 0.045	+ 0.33	2	+ 0.075	+ 0.048	— 0.71
D_1	—	—	—	—	8	+ 0.043	— 0.051	+ 1.79	2	+ 0.053	— 0.042	— 1.51
D_2	—	—	—	—	3	+ 0.032	— 0.113	+ 1.67	2	+ 0.043	+ 0.051	+ 8.38
D_3	1	+ 0.006	— 0.094	— 2.89	5	— 0.032	— 0.124	+ 2.19	1	+ 0.024	— 0.090	— 8.22
D_4	2	— 0.011	— 0 003	+ 0.32	8	+ 0.001	— 0.022	+ 3 51	1	— 0.020	+ 0.040	+ 7.46
D_5	6	— 0.026	— 0.005	+ 1.78	6	+ 0.017	— 0.020	+ 4.80	1	— 0.020	— 0.009	+ 3.47
D_6	1	+ 0.034	— 0.039	— 0.87	6	— 0.138	+ 0.061	+ 2.91	—	—	—	—
D_7	2	+ 0.034	— 0.056	— 1.34	3	— 0.089	— 0.006	— 2.61	2	— 0.062	— 0.035	+ 2.71
D_8	—	—	—	—	9	+ 0.005	— 0.041	+ 0.17	1	— 0.076	— 0.055	— 1.85
D_9	2	+ 0.008	— 0.058	— 0.79	4	— 0.002	— 0.047	— 2 35	2	— 0.028	— 0.093	— 3.49
D_{10}	2	+ 0.016	+ 0.011	— 2.85	10	+ 0.001	— 0.097	— 1.87	1	+ 0.036	+ 0.010	+ 1.76
D_{11}	5	+ 0.040	+ 0.003	— 2.40	5	+ 0.067	— 0.007	— 1.05	3	— 0.015	— 0.035	+ 0.57
D_{12}	3	+ 0.032	— 0.003	+ 1.29	8	+ 0.072	— 0.050	— 0.33	2	+ 0.023	+ 0.001	— 3.20
E_1	1	+ 0.105	+ 0.011	+ 2.79	5	+ 0.028	— 0.059	— 0.53	1	— 0.092	— 0.092	+ 0.77
E_2	1	+ 0.037	+ 0.059	+ 7 47	11	+ 0.037	— 0.018	+ 3.44	2	+ 0.002	+ 0.002	— 1.43
E_3	2	— 0.018	— 0.014	+ 1.80	8	+ 0.046	— 0.068	+ 3.64	2	— 0.018	+ 0.056	+ 4.96
E_4	4	— 0.014	— 0.002	+ 0.85	17	— 0.018	— 0.025	+ 3.57	—	—	—	—
E_5	7	— 0.035	— 0.023	+ 1.19	11	— 0.013	— 0.018	+ 1.78	—	—	—	—
E_6	3	— 0.137	— 0.001	+ 0.89	9	— 0.058	— 0.037	— 1.12	2	— 0.014	— 0.164	+ 5.72
E_7	2	+ 0.016	— 0.013	— 0.61	10	— 0.067	— 0.072	— 4.06	1	+ 0.026	— 0 017	— 1.36
E_8	2	+ 0.018	— 0.032	+ 0.70	11	+ 0.008	— 0.076	— 1.10	2	— 0.078	— 0.098	— 0.37
E_9	1	+ 0.008	+ 0.004	+ 3.72	5	+ 0.035	+ 0.001	— 1.27	1	— 0.024	— 0.001	+ 6.91
E_{10}	3	+ 0.003	+ 0.009	— 0.16	7	+ 0.013	— 0.042	+ 3.50	3	+ 0.043	— 0.017	— 0.81
F_1	1	— 0.003	+ 0.011	+ 4.22	7	— 0.021	+ 0.040	+ 2.04	2	— 0.012	+ 0.084	— 1.82
F_2	1	+ 0.146	+ 0.174	+ 1.58	10	— 0.061	— 0.065	+ 0.65	2	— 0.001	— 0.137	— 1.66

TABLE XVII.

Square	magn $\leq$ 4.9			
	n	x_0	y_0	z_0
A_1	9	+ 0.0063	— 0.0229	— 1.938
A_2	16	— 0.0075	+ 0.0215	— 2.718
B_1	23	+ 0.0478	— 0.0375	— 0.819
B_2	26	+ 0.0395	— 0.0289	+ 1.176
B_3	18	+ 0.0144	— 0.0674	+ 0.409
B_4	18	— 0.0758	— 0.0622	+ 1.555
B_5	18	— 0.0554	— 0.0443	— 0.570
B_6	17	— 0.0313	— 0.0218	— 2.446
B_7	20	— 0.0490	+ 0.0336	— 2.620
B_8	23	+ 0.0262	+ 0.0281	— 4.590
B_9	26	+ 0.0155	+ 0.0113	— 3.615
B^{10}	25	+ 0.0454	— 0.0197	— 2.558
C_1	20	+ 0.0234	— 0.0405	+ 1.371
C_2	21	+ 0.0337	— 0.0652	+ 0.496
C_3	38	+ 0.0388	— 0.0366	+ 5.011
C_4	18	— 0.0191	— 0.0746	+ 2.848
C_5	16	— 0.0709	— 0.0534	+ 4.186
C_9	14	— 0.0433	— 0.0671	+ 0.404
C_7	13	— 0.1394	— 0.0365	— 1.994
C_8	20	— 0.0263	— 0.0297	+ 3.601
C_9	15	— 0.0454	— 0.0094	— 5.261
C_{10}	27	+ 0.0309	— 0.0434	— 4.229
G_{11}	20	+ 0.0315	— 0.0640	— 1.998
C_{12}	23	+ 0.0768	— 0.0691	— 0.052
D_1	12	+ 0.0249	— 0.0472	+ 1.080
D_2	11	+ 0.0408	— 0.0281	+ 2.744
D_3	29	— 0.0144	— 0.0371	+ 2.547
D_4	31	— 0.0049	— 0.0007	+ 5.200
D_5	18	— 0.0032	— 0.0158	+ 3.300
D_6	10	— 0.0934	+ 0,0236	+ 2.480
D_7	13	— 0.0761	— 0.0313	— 0.458
D_8	19	— 0.0225	— 0.0826	— 1.156
D_9	29	+ 0.0003	— 0.0545	— 2.104
D_{10}	22	+ 0.0082	— 0.0507	— 2.392
D_{11}	22	+ 0.0403	— 0.0236	— 1.490
D_{12}	17	+ 0.0586	— 0.0239	+ 0.431
E_1	12	+ 0.0483	— 0.0379	+ 0.380
E_2	21	+ 0.0386	+ 0.0171	+ 3.148
E_3	24	+ 0.0021	— 0.0091	+ 3.308
E_4	44	— 0.0244	— 0.0151	+ 3.352
E_5	35	— 0.0321	— 0.0102	+ 1.526
E_6	42	— 0.0615	— 0.0386	+ 0.770
E_8	28	— 0.0475	— 0.0610	— 1.817
E_8	32	+ 0.0004	— 0.0743	— 0.952
E_9	15	+ 0.0382	— 0.0291	+ 0.459
E_{10}	21	+ 0.0379	— 0.0320	+ 1.728
F_1	20	—0. 0069	+ 0.0439	+ 1.491
F_2	17	—0. 0294	— 0.0492	+ 0.872

TABLE XVIII.

The parallaxes of stars brighter than magn 4.9.

	Spectral type	Number of stars	$\vartheta_1 = \pi$	Results of Campbell all magnitudes: Number	Campbell: π	Campbell: Remarks	Kapteyn computed for magn. 5.0: Number	Kapteyn: π
magn ≤ 4.9	B	197	0''.0075 ± 0''.0003	312 90	0''.0061 0.0129	$B0$—$B5$ $B8$—$B9$	440	0''.0068
	A	192	0.0162 ± 0.0010	172	0.0166		1088	0.0098
	F	128	0.0270 ± 0.0031	180	0.0354			
	G	107	0.0127 ± 0.0016	118	0.0223		1036	0.0224
	K	338	0.0176 ± 0.0012	346	0.0146			
	M	63	0.0144 ± 0.0023	71	0.0106		101	0.0111
	All spectral types	1028	0.0163 ± 0.0005					

In the table XVIII the values of ϑ_1 are given for each spectral class. It may be observed that, when using the units Siriometer and Stellar year in connection with angular measure, the values of ϑ_1 will be equal to the parallaxes.

For a comparison with other results, I give the values of the parallaxes derived by Campbell and Kapteyn. None of these results, however, are comparable with the present ones, since here the stars are limited to the magnitude 5.0. On the other hand Campbell has determined the parallaxes in a special way. The average values of the components of the proper motion after a reduction for the sun's velocity he directly compares with the average radial velocity and thus derives the parallaxes. This method, only applicable when the stars in each spectral class are at the same distance, is surely a rough approximation.

The agreement between the present results and those of Campbell seems to be satisfactory with the exception of the parallaxes of the F and G class stars. It must however be noted that Campbell only rejected very few stars, whose proper motions were extremely large [1].

52. In order to examine whether the parallax is a function of galactic latitude I have for the group magnitude ≤ 4.9 in the way described on page 19 divided the sky into two groups of squares surrounding the plane and the pole of the

[1] See Lick Obs. Bulletin VI page 131.

Milky Way. In the computations we have however to consider the different relative velocities of the sun table IVb page 20. In this table the value of S is for the stars surrounding the pole of the Milky Way very small — 3.864 Sm. —

There is, however, no reason to assume the value of S to vary in relation to stars of different galactic latitudes. On the other hand the apex solution from stars surrounding the pole of the Milky Way will give a rather uncertain value of S on account of the position of the apex near the galactic plane. This velocity must however necessarily exceed the lowest velocity observed for the different spectral class stars. I have therefore in the solution used the values 4.000 and 4.100.

The following table gives the results:

Parallaxes of stars of magn. ≤ 4.9:

Surrounding the galactic plane		Surrounding the galactic pole	
n	π	n	π
611	$0''.0135$	417	$0''.0175$ (assuming $S = 4.100$)
		»	$0''.0181$ (» $S = 4.000$)

The large difference in these parallaxes is very striking. The value $\pi = 0.0181$ for stars in the polar zone I have assumed as the most probable; it is rather too small than too large.

Is the difference in the parallaxes caused by the distribution in the two zones of the stars, especially the class B stars, whose parallax is very small? If this is the case we may from the parallax values in table XVIII compute the parallaxes in question. Putting the weights equal to the number of the stars this calculation gives:

Computed parallaxes of the stars of magn. ≤ 4.9:

Surrounding the galactic plane	Surrounding the galactic pole
$\pi = 0''.0154$	$\pi = 0''.0165$

The variation is not sufficient to establish the first results to be exclusively caused by the distribution of stars of different spectral classes in relation to the Milky Way.

53. Assuming the mean parallax of stars of magn. ≤ 4.9 to be expressed as a function of galactic latitude through the formula

$$\vartheta_1 = a + b \sin \beta,$$

an integration of this function for the two zones $-30^0 < \beta < +30^0$ and $\pm 60^0 < \beta < \pm 90^0$ will give the numerical value of the coefficients a and b. Thus the variation of ϑ_1 with galactic latitudes is approximatively given by

$$\vartheta_1 = 0''.0134 + 0''.0058 \sin \beta.$$

54. In order to get a control of the determinations of the parallaxes in the table XIX I made from the equation (50) a separation of the observations in proper motion. From these results I determined the values of $\vartheta_1 S$ as well as the positions of the apices. The following table contains the results.

TABLE XIX.

The apex solution from the proper motions of stars brighter than magn. 4.9[1].

Class	$\vartheta_1 U_0''$	$\vartheta_1 V_0''$	$\vartheta_1 W_0''$	$\vartheta_1 S$	Apex		$\vartheta_1 S:S$
					α	δ	
B	— 0''.00132	+ 0''.03090	— 0''.01932	0''.03647	272.°3	+ 32°.0	0''.0078
A	+ 0.00212	+ 0.05903	— 0.02919	0.06588	267.9	+ 26.3	0.0158
F	+ 0.01366	+ 0.10244	— 0.06668	0.12300	262.5	+ 32.8	0.0299
G	+ 0.00506	+ 0.03555	— 0.03759	0.05199	261.9	+ 46.3	0.0131
K	— 0.00842	+ 0.04931	— 0.05258	0.07259	279.7	+ 46.3	0.0176
M	— 0.00444	+ 0.05837	— 0.03333	0.06736	274.4	+ 29.7	0.0152
Magn. ≦4.9	— 0.00117	+ 0.05428	— 0.03937	0.06706	271.2	+ 35.9	0.0163

There is a large difference in the value of the declination of the apex for stars brighter than magn. 5.0 when determined from radial velocities and proper motions. The former determination gave (see table IV a) for the apex $\alpha = 271^0.5$, $\delta = + 26^0.3$. The mean error, about two or three degrees, is not sufficient to explain the difference, which no doubt is in some way caused by the systematic motions of the stars. It is also probable that the combined treatment of radial velocities and proper motions is a rather complicate problem, although the solutions from the two sorts ofobservations point approximatively in the same direction

[1] In this table as well as in the tables IV a, IV b, containing the solar velocity results, I have like other authors, defined the components of the sun's relative velocity in such a way that the velocity is considered as negative in relation to the point in the sky, the apex, towards which the sun is moving. However, for the solar velocity — *S* — no signs are given in the tables.

CHAPTER V.

The moments of the second order from p oper motion and radial velocity observations.

55. In this chapter I will make a short examination of the moments of the second order.

When examining the velocity distribution as derived from proper motions, we have to consider the formulae which express the angular mean velocities in linear measure [1].

$$
\begin{aligned}
\vartheta_1^2 N_{200} &= \nu_{200}\, q' - (1 - q')\, x_0^2, \\
\vartheta_1^2 N_{020} &= \nu_{020}\, q' - (1 - q')\, y_0^2, \\
\vartheta_1^2 N_{110} &= \nu_{110}\, q' - (1 - q')\, x_0\, y_0 .
\end{aligned}
\tag{51}
$$

Here q' is the fundamental constant in the star density function, whose numerical value we are now going to determine.

56. At first we may from the proper motion observations regard the velocity distribution as expressed through the ellipsoidal hypothesis.

For this purpose we have to determine from the formulæ (51) the parameters in the expressions (30) page 33 which characterize the ellipsoidal surface [2].

It is, however, not necessary to treat the expressions (51) in their present form. Using in the calculations the observed moments

$$\nu_{200}, \nu_{020}, \nu_{110}$$

we get a determination of the velocity distribution of the so called »apparent cross-motions».

The values of the moments ν_{200}, ν_{020}, ν_{110} as well as of ν_{002}, computed about the mean observed, are tabulated in the table XX.

---

[1] See CHARLIER cited memoir.

[2] The solution from the first two formulae of (51) I have given in meddelande No 59. The complete solution, however, including also the third equation of (51) is deduced by S. WICKSELL and published by him in Meddelande No 60.

TABLE XX.

The moments of the second order of the observed proper motions and radial velocities.

Square	ν_{200}	ν_{020}	ν_{002}	ν_{110}
A_1	+ 0.00609	+ 0.01391	+ 11.07	+ 0.00701
A_2	+ 0.00305	+ 0.00519	+ 13.59	— 0.00006
B_1	+ 0.01164	+ 0.00449	+ 7.98	+ 0.00377
B_2	+ 0.00543	+ 0.00437	+ 6.86	+ 0.00338
B_3	+ 0.00190	+ 0.00827	+ 12.49	— 0.00120
B_4	+ 0.01484	+ 0.00723	+ 12.97	+ 0.00574
B_5	+ 0.00915	+ 0.00401	+ 11.64	— 0.00163
B_6	+ 0.01187	+ 0.00957	+ 5.08	+ 0.00152
B_7	+ 0.01450	+ 0.01809	+ 10.12	+ 0.00215
B_8	+ 0.00427	+ 0.00585	+ 14.55	+ 0.00038
B_9	+ 0.00277	+ 0.00563	+ 7.47	+ 0.00271
B_{10}	+ 0.00652	+ 0.00513	+ 6.48	+ 0.00089
C_1	+ 0.00920	+ 0.00298	+ 9.53	+ 0.00130
C_2	+ 0.01157	+ 0.01378	+ 15.85	+ 0.00295
C_3	+ 0.00734	+ 0.00265	+ 13.38	+ 0.00017
C_4	+ 0.00180	+ 0.00727	+ 20.15	+ 0.00059
C_5	+ 0.00456	+ 0.00208	+ 13.27	— 0.00057
C_6	+ 0.02237	+ 0.00380	+ 15.48	— 0.00200
C_7	+ 0.02384	+ 0.00877	+ 9.16	— 0.00240
C_8	+ 0.01013	+ 0.00405	+ 24.49	— 0.00039
C_9	+ 0.00649	+ 0.00767	+ 14.22	+ 0.00320
C_{10}	+ 0.00318	+ 0.00811	+ 12.76	— 0.00115
C_{11}	+ 0.00596	+ 0.00605	+ 10 31	— 0.00315
C_{12}	+ 0 01703	+ 0.02064	+ 11.51	— 0.00555

57. If we use the form (51) for the linear moments in a certain square, it is easily found from the usual transformation of coordinates that the expression for the linear moments in another system, say the galactic system — *G* —, will have the same form as (51) so that in this system

(52)
$$\begin{aligned} \vartheta_1^{\,2} N^G_{200} &= \nu^G_{200}\, q' - (1 - q')\, \xi_0^{\,2} \\ \vartheta_1^{\,2} N^G_{020} &= \nu^G_{020}\, q' - (1 - q')\, \eta_0^{\,2} \\ \vartheta_1^{\,2} N^G_{002} &= \nu^G_{002}\, q' - (1 - q')\, \zeta_0^{\,2} \end{aligned}$$

and similar equations for the correlation moments. Here ξ_0, η_0 and ζ_0 denote the components of the sun's relative velocity in the system *G*.

The moments ν^G_{ijk} are the »apparent moments» in relation to the same system and may be computed from the apparent moments in the squares.

From the solution of the velocity ellipsoid of the apparent proper motions, the following three axes and directions were found:

TABLE XXI.

The distribution of the apparent velocities (proper motion) of stars of magn ≤ 4.9.

Axes directed towards the	Mean velocity	Position	
		α	δ
Principal vertex	0''.1125	284°.1	— 8°.0,
Pole of the Milky Way...	0''.0724	180°.0	+ 8°.2,
Third direction..	0''.0826	235°.0	+ 78°.1.

The velocity ellipsoid has, as shown from these results a distinct principal direction in agreement with the radial velocity results, but is in contrast with this flattened in the plane of the Milky Way. In table XXI the unit used is seconds of arc per year.

58. In the equation (52) we know the values of ϑ_1, as well as the values of N^G_{200}, N^G_{020} and N^G_{002} (table XIII page 42). The velocity components ξ_0, η_0, ζ_0 of the sun, relative to the stars we may compute from the known solar velocity and the apex direction.

The axes of the apparent velocity ellipsoids are further very nearly coincident with the axes of the galactic system of coordinates — G — and we may in an approximative computation for the moments ν^G_{ijk} in the formulae (52) substitute the squares of the three mean velocities in table XXI.

From the three equations (52) we now get the values of q'. The following results were obtained:

Axis directed towards:	corresponding value of q':
Principal vertex	+ 0.466
Pole of the Milky Way	+ 0.690
Third direction	+ 0.403

The values of q' obtained are unexpectedly small, with the exception of the result from the comparison between the mean velocities perpendicular to the plane of the Milky Way. The mean velocity in this direction is, however, from the proper motion solution, almost exclusively determined from stars surrounding the plane of the Milky Way. Introducing into the formulae the corresponding mean value of ϑ_1, — 0.0135 — for these stars, the value of q' will diminish from + 0.690 to + 0.493.

59. It is however possible in another way to get an approximative value of q'.

The proper motions in a zone surrounding the galactic pole may be quite comparable with the radial motion in the galactic plane. The proper motion components in the direction of the pole of the Milky Way of stars situated in the galactic plane are on the other hand comparable with the radial velocities of stars in the polar zone.

In this way I have derived the following results noted in the table below. The first columns indicate the moments compared, and the value of ϑ_1 used in the formulae. The last column gives the corresponding value of q'. The next four tabulated determinations were made from a comparison between the moments over the whole sky.

Compared moment of the velocities of the stars surrounding:

the galactic plane, (Mean $\pi = 0.0135$		the galactic pole, (Mean $\pi = 0.0181$)	Corresponding value of q'
N_{002}	compared with	N_{020}	$+ 0.511$
N_{002}	»	N_{200}	$+ 0.409$
N_{200}	»	N_{002}	$+ 0.542$
N_{020}	»	N_{002}	$+ 0.530$

Comparison over the whole sky (difference of parallaxes considered)

				corresponding value of q'
between	N_{200}	and	N_{002}	$+ 0.467$
»	N_{020}	»	N_{002}	$+ 0.467$

Comparison over the whole sky (parallaxes adopted $= 0.0163$.)

between	N_{200}	and	N_{002}	$+ 0.493$
»	N_{020}	»	N_{002}	$+ 0.446$

There seems to be no doubt that a mean value of q' equal to $+ 0.50$ derived from the first four equations will statisfy the equation (52). However, the numerical values of q' obtained in the different ways are probably too small, but on the other hand a variation of the mean parallax, or a variation of the sun's relative velocity will largely influence the results.

Indeed it was shown, first by CHARLIER and then by WICKSELL, that a value of q' so small as $+ 0.50$ will not suit the moments of the third and fourth orders, as derived from proper motion observations, which moments for the value $q' = 0.50$ are very much diverging from zero. The relative velocity of the sun is then assumed to be 20 km per second.

For the rest I refer to the authors cited.

Summary.

I. The magnitude of the sun's relative velocity seems to be highly dependent on the spectral class, and shows very high values for the spectral classes *B* and *M*. In the same manner the constant *K* is a function of spectral class, and the numerical value of this constant seems to be closely correlated with the solar velocity.

As for the radial velocity observations used here, the value of *K* seems, especially for stars of types *B* and *M*, in some way to be dependent on the angular distances of the stars from the principal vertex $\alpha = 274^\circ{,}6$, $\delta = -12^\circ{,}0$ and the anti-vertex. In these regions the value of *K* is larger than for other parts of the sky.

2. As for the velocity distribution, the generalized ellipsoidal hypothesis was applied. It was then found that, when the stars were divided into three groups according to their spectral classes, as well as when all stars were treated together, the velocity surfaces were represented by three axial ellipsoids with distinct extension in the direction of the principal vertex, but flattened perpendicular to the plane of the Milky Way. The excentricity of the ellipsoid was found to be largest for stars of the so called earlier types and smallest for stars of the so called later types. For the group containing stars of magn $\leq 4{,}9$, the position of the ellipsoid was closely correlated with the galactic system.

A second solution, where the spectral classes *B*, *A*, *F*, *G*, *K*, *M* were treated separately, led to the following results:

In contradistinction to the other stars, the class *B* stars have their velocity distribution represented by an ellipsoid of revolution flattened in the plane of the Milky Way. No principal vertex direction seems to exist for these stars.

For the stars of class *A* the principal vertex direction is very distinct; further the velocity ellipsoid is flattened perpendicular to the plane of the Milky Way. Indeed the class *A* stars show, compared with the other spectral classes, the most excentric velocity surface.

The other spectral class stars have their velocity distribution represented by three axial ellipsoids with the same position as for the class *A* stars. Excepting the class *B* stars, the mean velocity of the stars in the direction of the principal vertex seems to be almost constant, while the mean velocities in the other directions are slowly increasing when passing from the class *A* to the class *M*. For stars of this latter class the velocity distribution seems to be quite spherical.

3. Concerning the moments of higher order for stars brighter than 5,0 the characteristics of the third and fourth orders in the three main directions in the galactic system were found to be very small. However, a distinct negative skewness was found in the direction of the principal vertex, and, furthermore, a positive excess in the other two directions.

4. A comparison between proper motion and radial velocity of the stars, the mean parallaxes were derived for the different spectral classes including stars of magn $\leqq 4{,}9$.

5. A comparison between the moments of the second order from proper motion and radial velocity observations led to the unexpected small value $+ 0.50$ of the constant q'. This value is, however, strongly influenced by the parallax assumed.

Observatory Lund jan. 1915.

In concluding I desire to express to Prof. C. V. L. Charlier my hearty thanks for the interest he has taken in my work and for the valuable advice and directions he has given me during its progress. I also take this opportunity of thanking my colleague, Mr S. D. Wicksell for pleasant and profitable collaboration; our common discussions on stellar astronomical problems have, especially in the case of the present paper, been of extremely great use to me.

To the Royal Physiographic Society I am indebted for monetary assistance.

Errata:

In the table X page 30 the lines indicated by K and M are to be exchanged.

List of contents.

CHAPTER I.

CHAPTER II.

CHAPTER III.

CHAPTER IV.

CHAPTER V.

List of tables.

Printing finished April 10, 1915.

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 11. Nr 11.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 26. Nr 11.

PHYSIOLOGISCH-BIOLOGISCHE STUDIEN

ÜBER

DIE ATMUNG BEI DEN ARTHROPODEN

V

DIE ZUSAMMENSETZUNG DER LUFT DER GROSSEN TRACHEENSTÄMME BEI DEN AESCHNALARVEN

VON

HANS WALLENGREN

(Arbeit aus dem Zoologischen Institute zu Lund)

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Der K. Physiographischen Gesellschaft am 10. März 1915 vorgelegt.

LUND 1915
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

Hinsichtlich der beim respiratorischen Gaswechsel wirksamen Kräfte stehen zwei Ansichten einander gegenüber. Nach der einen hauptsächlich von BOHR [1], HALDANE und SMITH [2] u. a. vertretenen sollte die Diffusion nicht hinreichend sein, um die Sauerstoffaufnahme des Blutes in den Lungen zu erklären, daher wird auch eine Gassekretion des Lungenepithels angenommen. Gegen diese Sekretionstheorie steht die Ansicht, nach welcher der ganze Gaswechsel in der Lunge von einer Diffusion zwischen Blut und Alveolarluft allein bedingt sein soll. Diese Diffusionstheorie hat in der letzten Zeit durch die tiefgehenden und exakten Untersuchungen KROGHS [3] ihre wichtigste Stütze gefunden.

Diese beiden Theorien sind zwar aus Untersuchungen an den lungenatmenden höheren Tieren entstanden. Es leuchtet aber ohne weiteres ein, dass, wenn bei diesen Tieren die Epithelzellen der Lungen gassekretorisch wirksam sind, es jedenfalls sehr nahe liegt anzunehmen, dass die Epithelzellen der Kiemen auch eine solche sekretorische Wirksamkeit haben. In Bezug auf das Verhältnis zwischen dem Gasgehalt im Blute und im umgebenden Wasser bei den kiemenatmenden Wirbeltieren liegen nur wenige Untersuchungen vor. In der letzten Zeit hat aber FRENDELENBURG [4] bei Haifischen mittelst der KROGHschen Kapillare gezeigt, dass der O_2-Partialdruck im Blute immer bedeutend geringer als im Seewasser ist und dass somit der Gasaustausch durch Diffusion allein bewirkt werden kann.

Was die Evertebraten betrifft, sind hinsichts dieser Frage nur wenige Untersuchungen vorgenommen worden. Während die Arbeit WINTERSTEINS [5] über die Blutgase bei Octopus am nächsten auf die Richtigkeit der Sekretionstheorie deutet, sprechen die von FREDRIQUE [6] mit der mikrotonometrischen Methode KROGHS an verschiedenen Cephalopoden gemachten Gasanalysen ganz bestimmt für die Diffusionstheorie. Bei den Corethralarven hat ferner KROGH [7] mit seiner mikroskopischen

[1] Skand. Arch. für Physiolog. Bd. 2 (1891), p. 237. u. a.

[2] Journal of Physiol. Vol. 20 (1896), p. 497. u. a.

[3] On the mechanism of the gas-exchange in the lungs: Skand. Arch. f. Physiolog. Bd 23, (1910), p. 179 u. a.

[4] Zeitschr. für Biologie Bd 57, 1912 p. 495.

[5] Biochem. Zeitschr. Bd. 19, 1909, p. 384.

[6] Arch. internat. de Physiolog., Vol. 10, 1911, p. 391.

[7] Skand. Arch. für Physiolog. Bd. 25, I611, p. 183.

Methode den Gas der sog. Schwimmblasen untersucht und festgestellt, dass seine prozentische Zusammensetzung mit der im Wasser gelösten Luft im grossen und ganzen übereinstimmt und dass es somit nicht wie in der Schwimmblase vieler Fische eine Gassekretion stattfindet. Der Gasaustausch ist also hier nur von der Diffusion abhängig. Da die Schwimmblasen der Corethralarven aber keine respiratorische Bedeutung haben, sondern nach KROGH als »ballasttanks of a submarine boat» funktionieren, können die von KROGH an diesen Objekten gewonnenen Resultate für den respiratorischen Gaswechsel bei den mit Tracheenkiemen atmenden Insekten nicht ohne weiteres gelten. Daher habe ich eine eingehende Untersuchung über die Zusammensetzung der Tracheenluft bei den Aeschnalarven unternommen, um feststellen zu können, was den Gaswechsel bei diesen mit sog. geschlossenem Tracheensystem wasseratmenden Tieren bewirkt.

In seiner grossen Arbeit über die Odonatenlarven hat SADONES [1] eine Darstellung des respiratorischen Gaswechsels bei den Aeschnalarven gegeben und angenommen, dass das Protoplasma der die feinen Tracheenäste in den Kiemenblättern umgebenden Hypodermiszellen Sauerstoff aus dem respiratorischen Wasser entnehmen und es in die Tracheenäste ausscheiden. Es geht somit, hebt SADONES hervor, ein 0_2-Strom von den feinen Kiementracheen in die grösseren Tracheenstämme über, und dieser Sauerstofftransport wird vor allem durch eine von den Bewegungen der Atemmuskeln verursachte rhythmische Verkürzung und Verlängerung der Tracheen erleichtert. Die bei der physiologischen Verbrennung gebildete Kohlensäure wird vom Blute absorbiert und mit diesem, nicht aber durch die Tracheen nach den Kiemenblättern transportiert. Hier soll nach SADONES das Protoplasma der Hypodermiszellen die Kohlensäure aus dem Blute absorbieren und sie in das respiratorische Wasser ausscheiden. Sowohl die Sauerstoffaufnahme als das Ausscheiden der Kohlensäure sollte somit nach SADONES bei den Aeschnalarven durch eine spezielle Zellentätigkeit bedingt werden.

Methodik.

Um die Zusammensetzung der Tracheenluft bei den Aeschnalarven zu bestimmen, habe ich den sehr bequemen mikrogasanalytischen Apparat KROGHS [2] benutzt. Für die Analyse wurde das Tier aus dem Aquarium herausgenommen, auf dem Wachsboden eines seichten mit destilliertem Wasser gefüllten Glasschälchens mittelst Nadeln festgemacht und dekapitiert [3]. Dann wurde die Rückenseite aufgeschnitten, die beiden grossen dorsalen Tracheenstämme schnell freipräpariert und vorn und

[1] La Cellule, T. XI, 1895, p. 271.

[2] Skand. Arch. für Physiologie, Bd. 20, (1908), p. 279.

[3] Die Aeschnalarven wurden in einem grossen etwa 30 Lit. fassenden Aquarium, dessen Boden mit kleineren und grösseren Steinen bedeckt war, aufbewahrt. Das Wasser wurde mit komprimierter Luft gut durchlüftet. Die Wassertemperatur variierte während des Winters zwischen +10—17° C.

hinten überschnitten. Der eine Tracheenstam wurde unter Quecksilber gelegt und dort aufbewarht, bis die Luft des anderen analysiert worden war. Dann wurde auch der erste Tracheenstam hinsichtlich seiner Luft untersucht. Aus den beiden Analysen, die gewöhnlich nur auf einige Zehntel differierten, wurde der Durchschnittswert berechnet.

Um die Tracheenluft in den Mikrogasanalysapparat zu überbringen, wurde der unterste erweiterte Teil des mit destilliertem Wasser gefüllten Messrohres des Apparates in das Wasser der Sektionsschale gesenkt, das hintere Ende des Tracheenstammes in den Apparat hineingeführt und die Luft hinausgepresst. Von einem dorsalen Tracheenstamm einer erwachsenen Larve kann man gewöhnlich so viel Luft erhalten, dass sie in der Kapillare des Analysapparates eine Gassäule von etwa 10 cm. Höhe bildet. Sämmtliche Manipulationen vom Aufschneiden des Tieres bis zum Anfang der Analyse nahmen nur etwa eine Minute in Anspruch.

Gleichzeitig mit den Analysen der Tracheenluft wurde auch die prozentische Zusammensetzung der im Aquarienwasser gelösten Luft mit dem Mikrotonometer Kroghs [1] bestimmt und ausserdem auch die 0_2-Menge pro Lit. mittelst Winkler-Analyse festgestellt.

[1] Skand. Arch. für Physiolog. Bd. 20, 1908, p. 259.

Die Zusammensetzung der Tracheenluft:

A. **Bei Tieren in Wasser von etwa normalem Sauerstoffgehalt.**

Die Tiere, die im grossen Magazinaquarium gehalten wurden, lebten ohne Zweifel unter ziemlich normalen Verhältnissen. An diesen Tieren wurde eine Serie von Analysen hinsichtlich der prozentischen Zusammensetzung ihrer Tracheenluft gemacht, aber ausserdem wurden auch ganz neu eingefangene Tiere untersucht. Die Resultate von den Analysen sind in der untenstehenden Tabelle I zusammengestellt.

TAB. I. Die Zusammensetzung der Tracheenluft und der Gasgehalt des Wassers.

Vers.	Temp. des Wassers C.	Zusammensetz. der im Wasser gelöst. Luft			O_2-Menge des Wassers pr. Lit.	Prozent. Zusammensetz. der Tracheenluft			O_2-Differenz in Proz.	Bemerkungen
		CO_2 %	CO_2 %	N_2 %		CO_2 %	O_2 %	N_2 %		
A 1	+ 17.0	0.7	16.0	83.3	4.4 cm.³	1.0	5.5	93.5	12.46	
2	»	»	»	»	»	0.9	10.7	88.4	7.26	
3	»	»	»	»	»	0.8	9.3	89.9	7.97	
4	»	»	»	»	»	2.6	7.7	89.7	9.53	
B 1	+ 15.12	0.5	17.4	82.1	5.5	0.4	10.8	88.8	8 02	
2	»	»	»	»	»	1.0	10.5	88.5	8.13	Das Wasser hatte lange im Aquarium gestanden und das Durchlüften war schlecht.
3	15.1	1.6	12.9	85.5	2.9	1.7	10.5	87.8	2.75	
C 1	16.0	0.8	17.6	81.6	4.8	0.7	7.6	91.7	12.23	
2	»	»	»	»	»	0.6	12 8	86.6	5.92	
3	»	»	»	»	»	0.6	10.3	89.1	8,96	
4	»	»	»	»	»	0.7	6.4	92.9	13.69	

Wenn wir die in der Tabelle wiedergegebenen Werte betrachten, fällt es sogleich ins Auge, dass sowohl der O_2- wie der CO_2-Gehalt der Tracheenluft bei den verschiedenen Tieren, auch wenn diese in demselben Wasser mit gleichem Gasgehalt leben, grosse Schwankungen zeigt. So enthielt die Tracheenluft bei A 1 nur 5.5 %, bei A 2 dagegen 10.7 % Sauerstoff. Die Kohlensäure beträgt gewöhnlich etwa

1 %, steigt aber bisweilen wie bei A 4 zu 2.6 %[1]. Diese verschiedene Zusammensetzung der Tracheenluft bei den Tieren, die unter derselben Gasspannung leben, ist offenbar von dem Umstand bedingt, dass die Aeschnalarven, wie schon Babák[2] hervorgehoben hat, nicht kontinuierlich sondern intermittent atmen. Bei den Tieren, deren Atembewegungen während einiger Zeit sistiert worden sind, steigt die CO_2- und sinkt die O_2-Menge der Tracheenluft. Solche Tiere waren offenbar A 1, A 4 C 1 und C 4. Hat aber ein Tier seinen respiratorischen Darm kräftig ventiliert, wie die Individuen A 2, A 3, B 1, B 2 u. a. offenbar gemacht haben, so ist die Tracheenluft O_2-reich und CO_2-arm. Aus dem Erwähnten können wir also feststellen, dass die Luft der grossen Tracheen bei den Tieren, die unter normalen Verhältnissen und unter derselben Gasspannung des respiratorischen Wassers leben, keine konstante Zusammensetzung hat, sondern besonders hinsichtlich ihres O_2-Gehaltes grosse Schwankungen zeigt.

Vergleichen wir den Sauerstoffgehalt der Tracheenluft mit dem des Aquarienwassers, so finden wir, dass die Tracheenluft immer beträchtlich O_2-ärmer als die Luft des Wassers ist. Bei z. B. dem Individuum C 2, das die O_2-reichste (17.6 %) Tracheenluft enthielt, war in Verhältnis zu dem Sauerstoffgehalt des Wassers doch ein Defizit von 5.92 % $\left(\frac{x + 12.8}{17.6} = \frac{86.6}{81.4}\right)$ vorhanden und beim Individuum A 1, dessen Tracheenluft am sauerstoffärmsten (5.5 %) war, lag ein Defizit von 12.46 % $\left(\frac{x + 5.5}{16} = \frac{93.5}{83.3}\right)$ vor. Bei den übrigen Tieren schwankte das O_2-Defizit zwischen den beiden obenerwähnten Werten.

Betreffend die Kohlensäure zeigen die Analysen, dass die Luft der grossen Tracheen und die des umgebenden Wassers gewöhnlich von etwa derselben prozentischen Zusammensetzung ist. In einigen Fällen, wie beim Individuum A 4, war aber die Tracheenluft bedeutend CO_2-reicher (2.6 %) als die Luft des Wassers. Dies war aber immer bei solchen Tieren der Fall, die verhältnismässig schlecht ventiliert waren. Die O_2-Menge war bei ihnen nämlich ziemlich gering. Da aber der Sauerstoffgehalt der Tracheenluft geringer als der des umgebenden Wassers ist, enthalten die Tracheen immer eine relativ grössere Kohlensäuremenge im Vergleich mit dem Sauerstoff als die Luft des respiratorischen Wassers. Zusammenfassend können wir also sagen: Bei den normal atmenden Aeschnalarven ist der O_2-Gehalt der Tracheenluft immer niedriger, während der CO_2-Gehalt etwa derselbe oder ein wenig höher als der des respiratorischen Wassers ist. Es liegt somit kein Anlass vor anzunehmen, dass der respiratorische Gaswechsel durch

---

[1] Inbetreff der Werte der Kohlensäure möchte ich gleich betonen, dass sie unzweifelhaft zu gering sind. Während der Manipulationen mit dem Sezieren der Tiere usw. ebenso wie während der Analyse selbst diffundiert Kohlensäure ohne Zweifel aus der Tracheenluft ins Wasser.

[2] Pflügers Arch. Bd. 119, 1907, p. 530.

irgendeine spezifische Zellentätigkeit bewirkt wird. Die Diffusion ist völlig hinreichend den Gaswechsel zu erklären.

Die völlige Abhängigkeit der Zusammensetzung der Tracheenluft von der der im Wasser gelösten Luft tritt besonders deutlich hervor, wenn man die Larven in Wasser mit verschiedener O_2-Spannung überführt.

B. Bei Tieren in Wasser mit geringem oder erhöhtem O_2-Gehalt.

Um die Zusammensetzung der Tracheenluft bei Aeschnalarven zu untersuchen, die in Wasser mit geringer Sauerstoffspannung gehalten worden waren, wurden (am 5. VI. 1914 um 5 Uhr n. M.) einige Tiere in ein Aquarium mit ausgekochtem Wasser überführt. Da keine Holztstäbchen in das Aquarium eingesetzt waren, konnten die Tiere nicht nach der Wasserfläche um zu notatmen kommen, sondern mussten sich am Boden aufhalten. Nach etwa zwei Stunden waren die Tiere stark dyspnötisch (Atemfrequenz 40 pr. Min.). Dann wurden sie hinsichtlich ihrer Tracheenluft untersucht. Die Analysen ergaben folgende Resultate:

TAB. II. Aeschnalarven in sauerstoffarmem Wasser. Die Temperatur betrug +18.8° C.

Ind.	Zeit im Wasser. Minut.	Prozent. Zusammensetzung						O_2-Gehalt des Wassers in çm³. pr. Lit.
		der Luft des Wassers			der Luft der Tracheen			
		CO_2 %	O_2 %	N_2 %	CO_2 %	O_2 %	N_2 %	
A	130′	0.7	10.3	89	1.5	6.1	92.4	2.7
B	160′	»	»	»	1.4	5.6	93	»

Auch die übrigen Tiere, die in diesem verhältnismässig sauerstoffarmen Wasser gehalten worden waren, zeigten bei den vorgenommenen Analysen eine geringe Sauerstoffmenge (etwa 5 à 6 %) und somit können wir feststellen, dass bei einer Erniedrigung der O_2-Menge des respiratorischen Wassers der Sauerstoffgehalt der Tracheenluft auch sinkt.

Einige erwachsene Aeschnalarven wurden am 11. VI. 1914 in ein Aquarium eingeführt, durch dessen Wasser während einer Stunde ein kräftiger O_2-Strom geleitet war, und nach und nach hinsichtlich ihrer Tracheenluft untersucht. Auch während des Versuches wurde Sauerstoff durch das Wasser geleitet. Die Resultate der Analysen sind in der untenstehenden Tabelle ersichtlich.

TABELL III. Aeschnalarven in sauerstoffreichem Wasser.

Vers.	Indiv.	Prozent. Zusammensetzung der Luft						O_2-Menge des Wassers in cm^3 pr Lit.	Temp. des Wassers	Bemerkungen
		des Wassers			der Tracheen					
		CO_2 %	O_2 %	N_2 %	CO_2 %	O_2 %	N_2 %			
E	1	0.7	35.9	63.4	0.6	20.4	79.2	26.2	17.6	10 Minut. nach dem Überbringen ins Aquarium
»	2	»	»	»	0.5	30.5	69.2	»	»	50 » » » » » »
F	1	0.8	38	61.2	0.7	16.9	82.4	28.3	18.2	240 » » » » » »
»	2	»	»	»	0.6	19	80 4	»	»	300 » » » » » »

Bei sämtlichen in diesem Versuche analysierten Tieren enthielt ihre Tracheenluft eine bedeutende Sauerstoffmenge. Schon nach 10 Min. war sie zu 20 % erhöht und stieg nach 50 Min. bis 30.5 %. Bei den Individuen F, die resp. 240 und 300 Min. im sauerstoffreichen Wasser gewesen waren, war die Tracheenluft dagegen im Vergleich mit dem Gehalt des Wassers verhältnismässig sauerstoffarm, was offenbar davon bedingt war, dass diese Tiere während einer längeren Zeit apnötisch am Boden gesessen hatten. Aus dem Versuche ist somit ersichtlich, dass die O_2-Tension der Tracheenluft bei einer Erhöhung der Sauerstoffspannung des respiratorischen Wassers bedeutend gesteigert wird. Aber immer ist sie niedriger als die des im Wasser gelösten Gases.

Um jetzt die Ergebnisse der erwähnten Versuche in aller Kürze zusammenzufassen, können wir sagen: Die Zusammensetzung der Tracheenluft bei diesen mit Tracheenkiemen wasseratmenden Insekten ist von der Zusammensetzung der im respiratorischen Medium gelösten Luft direkt abhängig, aber immer sauerstoffärmer als diese. Zur Erklärung des Gaswechsels ist somit die physikalische Diffusion völlig hinreichend.

Warum ist die Kohlensäure-Menge der Tracheenluft so gering?

Bei meinen sämtlichen Analysen hat es sich gezeigt, dass der Kohlensäuregehalt der Luft der grossen dorsalen Tracheen, die sich in der Wand des respiratorischen Darmes verzweigen, immer verhältnismässig gering ist. Schon habe ich hervorgehoben, dass bei der Sektion der Tiere und bei der Analyse selbst Kohlensäure von der Tracheenluft in das Wasser hinausdiffundiert. Wenn man aber auch diese Fehlerquelle in Betracht zieht, so dürfte jedoch die Tracheenluft verhältnismässig CO_2-arm sein. Bei Beurteilung dieses Verhältnisses möchte ich an folgendes erinnern. In seinem grossen Handbuch der vergleich. Physiologie hebt WINTERSTEIN [1] hervor, dass infolge der grossen Löslichkeit der Kohlensäure in

[1] Bd I, Hft. 2, p. 261.

Wasser der CO_2-Druck im Blute der Wassertiere nur äusserst gering ist. Die Kohlensäure wird durch die Haut und die Kiemen fast gänzlich an das Wasser abgegeben. Bei den Acridien hat ferner KROGH in der Luft der grossen Tracheen der Extremitäten nur eine geringe CO_2-Menge gefunden und glaubt, dass dies dadurch verursacht wird, dass infolge der grossen Löslichkeit im Blut eine beträchtliche Menge Kohlensäure mit dem Blutstrom von den Extremitäten transportiert wird um zu den grossen Tracheenstämmen im Köper abgegeben und davon experiert zu werden.

Wenn wir diese erwähnten Umstände berücksichtigen, so scheint es mir leicht erklärlich, dass die Luft der grossen Tracheenstämme bei den im Wasser lebenden Aeschnalarven verhältnismässig CO_2-arm sein muss. Die Kohlensäure wird ohne Zweifel, wie KROGH betont und wie übrigens vor ihm auch SADONES, zwar von einer fehlerhaften' Auffassung hinsichtlich der Ursachen des Gaswechsels ausgehend, erwähnt hat, im Blut direkt gelöst und kann daher nur in geringer Menge in die Tracheenluft hineindiffundieren. WINTERSTEIN[1] hebt hinsichtlich der CO_2-Ausscheidung in die Lunge beim Frosch hervor, dass die Diffusion der Kohlensäure hier, wo sich ein abgeschlossenes Luftvolumen befindet, gegen einen gewissen Druck stattfinden muss. Infolgedessen wird die Diffusionsgeschwindigkeit herabgesetzt. An der Oberfläche der Haut aber und an der Innenfläche der Wand des Rectums ist der CO_2-Druck nahezu gleich Null. Diese Bedingungen sind eben bei den Aeschnalarven vorhanden und wir können somit annehmen, dass der Gasaustausch bei den Aeschnalarven auf folgende Weise verläuft: *Durch die Tracheenkiemen diffundiert Sauerstoff in die grossen dorsalen und ventralen Tracheen ein. Durch die Atembewegungen, Körperbewegungen und durch die Kontraktionen der Wände des respiratorischen Darmes*[2] *sowohl wie durch die Diffusion kommt der Sauerstoff in die feineren Tracheenäste hinaus und wird vom Blut, von der Gewebeflüssigkeit und von den Zellen selbst absorbiert. Die von den Zellen abgegebene Kohlensäure wird in der Gewebeflüssigkeit und in dem Blut gelöst und geht nur in geringerer Menge in das Tracheensystem über, aber diffundiert vom Blut hauptsächlich durch die Körperhaut, die Kiemen und durch die Wand des respiratorischen Darmes direkt ins Wasser hinaus.*

Die Zusammensetzung der Tracheenluft vor und nach der Notatmung.

In einer früheren Arbeit[3] habe ich festgestellt, dass die Aeschnalarven, wenn der O_2-Gehalt des respiratorischen Wassers auf etwa 2.5 cm^3 pr. Lit. herabgesunken ist und nachdem sie stark dyspnötisch geworden sind, nach der Oberfläche steigen

[1] l. c.

[2] WALLENGREN Physiolog.-Biolog. Studien über die Atmung bei den Arthropoden III. Lunds Univ. Årsskrift. N. F. Bd X. Nr 4. 1914. p. 23.

[3] l. c.

um zu notatmen. Ferner wurde auch gezeigt, dass diese Notatmungsreflexe nicht durch eine Steigerung der CO_2-Spannung, sondern nur durch den Mangel des Wassers an Sauerstoff ausgelöst wird. Da die Auslösung dieser Reflexe offenbar von der Zusammensetzung der Tracheenluft am nächsten bedingt wird, dürfte es von Interesse sein, die Luft der Tracheen bei den Tieren, die zur Notatmung greifen müssen, näher zu untersuchen, um festzustellen, an welcher O_2-Spannung der Tracheenluft sie nach der Oberfläche wandern müssen.

Nachdem die Larven eine längere oder kürzere Zeit notgeatmet haben, kehren sie wieder in das Wasser hinunter. Daher können wir fragen: welche O_2-Menge enthält die Tracheenluft bei diesen Tieren, die mit der Notatmung aufhören?

Um diese Fragen aufzuklären zu versuchen, wurde die Tracheenluft sowohl bei den Tieren untersucht, die sich in ausgekochtem Wasser befanden und eben im Begriffe waren, sich für Notatmen zu orientieren, als bei denen, die eine längere oder kürzere Zeit an der Oberfläche notgeatmet hatten. Die Resultate der Analysen sind in der Tabelle IV zusammengestellt.

TAB. IV. Die Tracheenluft vor und nach der Notatmung.

Vers.	Uhr	Temp. C.	O_2-Gehalt des Wassers in cm³ pro Lit.	Prozent. Zusammensetzung der Luft: des Wassers CO_2 %	des Wassers O_2 %	des Wassers N_2 %	der Tracheen CO_2 %	der Tracheen O_2 %	der Tracheen N_2 %	Bemerkungen
X A	$2^h10'$	+ 15.8	2.4	0.6	8.0	91.4	1.0	6.9	92.1	Das Tier sass auf dem Boden stark dyspnötisch. Atemfrequenz 40 pro Min.
B	$2^h15'$	»	»	»	»	»	0.6	9.7	89.7	Das Tier war vor kurzem zur Oberfläche gekommen und notatmete.
C	2^h25	»	»	»	»	»	0.9	17.2	81.9	Das Tier hatte schon lange an der Oberfläche notgeatmet und war im Begriff hinunterzugehen.
XI A	$5^h0'$	+ 18.6	2.2	0.8	10.3	88.9	0.6	3.2	96.2	Das Tier war eben im Begriff seine Hinterspitze hinaufzustrecken um zu notatmen. Die Atemfreq. 46. pro Min.
B	5^h10	»	»	»	»	»	0.9	7.4	91.7	Das Tier vor kurzem hinaufgekommen und notatmete.
C	5^h20	»	»	»	»	»	0.5	11.5	88	Das Tier, das notgeatmet hatte, ging eben ins Wasser zurück.
D	5.25	»	»	»	»	»	0.8	12.3	86.9	Das Tier sass nach der Notatmung mit der Analöffnung, die aufgesperrt war, in den oberen Wasserschichten und atmete mit einer Frequenz von etwa 30 pro Min.

Aus der Tabelle ersehen wir, dass das Tier im Vers. X A mit einem O_2-Gehalt der Tracheenluft von 6.9 % noch ganz ruhig auf dem Boden sass. Zwar ziemlich dyspnötisch, zeigte es aber gar kein Zeichen sich zur Oberfläche zu begeben, während das Individuum A, Vers. XI, dessen Tracheenluft bis auf 3.2 % Sauerstoff hin-

abgesunken war, eben nach der Oberfläche um zu notatmen gekommen war. Zwar liegen ziemlich grosse Verschiedenheiten zwischen den Larven vor, der eine greift früher und der andere später zur Notatmung. Im Allgemeinen können wir jedoch sagen, dass, wenn in einem Wasser mit etwa 2.5 cm³ Sauerstoff pr Lit (etwa 8 % Atmosph.) der Sauerstoffgehalt der Tracheenluft unter 4 % sinkt und nicht durch die dyspnötische Atemtätigkeit erhöht werden kann, so werden bei den Tieren, nachdem sie stark dyspnö tisch geworden sind, die Notatmungsreflexe ausgelöst und die Tiere gehen zur Oberfläche.

Bei den notatmenden Tieren wird der Sauerstoffgehalt der Tracheenluft ziemlich rasch erhöht. Die Tiere B, Vers. XI, und B, Vers. X, hatten nur eine kurze Zeit an der Oberfläche notgeatmet, und doch enthielt die Tracheenluft resp. 7.4 und 9.7 % Sauerstoff. Bei den Individuen C und D, Vers XI, und C, Vers. X, die eine längere Zeit notgeatmet hatten, war die Tracheenluft sehr sauerstoffreich geworden und übertraf bedeutend der O_2-Gehalt des Wassers (resp. 11 5, 12.3 und 17.2 %). In meiner früheren Arbeit über die Notatmung dieser Tiere habe ich festgestellt, dass die Tiere eben durch Notatmung während einer unbeschränkten Zeit einen sehr niedrigen O_2-Gehalt des Wassers vertragen können, und hier sehen wir, wie effektiv die Notatmung in der Tat ist. Die notatmenden Tiere können nämlich hinsichtlich der O_2-Menge ihrer Tracheenluft die der im Wasser mit normalem Sauerstoffgehalt atmenden Tiere sogar weit übertreffen (vergleich. die Tab. I). Wenn die Tiere aber durch die Notatmung den O_2-Gehalt der Tracheenluft bis zu einem gewissen Grade (etwa 12 % oder darüber) gesteigert haben, gehen sie wieder ins Wasser zurück.

(Ausgedruckt am 30. Juni 1915.)

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 11. Nr 12.
KUNGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 26. Nr 12.

Kungl. Fysiografiska Sällskapets i Lund sammanträden under arbetsåret 1914—1915.

1914, d. 14 oktober:

Herr Thunberg demonstrerade ett försök med fysiologiska institutionens stränggalvanometer.

Herr Thunberg höll föredrag: »Om bernstenssyrans biologiska oxidation samt om fumarsyran som eventuell modersubstans till mjölksyran».

Herr Lovén refererade en afhandling af Lennart Smith: »Klorhydrinernas alkaliska sönderdelning». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 26 Nr 2.)

Herr Fürst höll föredrag: »Om skelettfynd från stenåldern på ön Ösel».

1914, d. 4 november:

Herr Sjövall höll föredrag om Bangs och sina egna undersökningar af chondriosomer.

Herr Broman höll föredrag: »Om närmaste orsaken till att tumme och stortå hafva två falanger».

Herr Borelius höll föredrag: »Några iakttagelser vid ett besök i Tyskland under oktober månad i år».

Herr Murbeck refererade sitt arbete: »Om byggnadsmekaniken vid ändringar i blommans talförhållanden». (Tryckt under titeln »Über die Baumechanik bei Änderungen im Zahlenverhältnis der Blüte» i Sällskapets Handlingar Bd 26 Nr 3.)

1914, d. 2 december. Sällskapets årshögtid.

Sekreteraren, herr Fürst, afgaf berättelse om Sällskapets verksamhet under det förflutna året.

Ordföranden, herr Forssman, öfverlämnade Sällskapets minnesmedalj i guld till professor Alfred G. Nathorst.

Herr Forssman höll föredrag: »Huru uppstå och huru försvinna epidemier?»

1914, d. 9 december:

Herr Bang höll föredrag: »Om inre sekretionens betydelse för kolhydratomsättningen».

Herr Moberg refererade en afhandling af docent Assar Hadding: »Der mittlere Dicellograptus-Schiefer auf Bornholm». (Tryckt i Sällskapet Handlingar Bd 26 Nr 4.)

1915, d. 10 februari:

Herr Charlier höll föredrag: »Om stjärnor och atomer».

Herr Essen-Möller höll föredrag: »Om sterilisering ur s. k. rashygienisk synpunkt».

Herr Moberg refererade en afhandling af amanuens J. E. Hede: »Skånes Colonusskiffer. I». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 26 Nr 6.)

Herr Ramberg refererade en afhandling af amanuens Gudmund Borelius: »Undersökningar af gränspotentialer». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 26 Nr 5.)

Herr Fürst demonstrerade ett mikroskop af Culpepertyp från ungefär 1770, förfärdigadt i Stockholm af instrumentmakare I. Z. Steinholtz.

1915, d. 10 mars:

Herr Charlier demonstrerade astronomiska institutionens nybyggnad med däri uppställda apparater, särskildt dess moderna räknemaskiner.

Herr Broman höll föredrag: »Om orsaken till ändfalangernas egendomliga histogenes och tidiga förbening».

Herr Murbeck refererade sin afhandling »Zur Morphologie und Systematik der Gattung Alchemilla». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 26 Nr 8.)

Herr Wallengren refererade en afhandling af fil. lic. W. Björck: »Öresunds naturförhållanden och djurgeografi». (Tryckt under titel »Biologisk-faunistiska undersökningar av Öresund. II. Crustacea, Malacostraca och Pantopoda» i Sällskapets Handlingar Bd 26 Nr 7.)

Herr Wallengren refererade sin afhandling: »Physiologisch-Biologische Studien über die Atmung bei den Arthropoden. V. Die Zusammensetzung der Luft der grossen Tracheenstämme bei den Aeschnalarven». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 26 Nr 11.)

1915, d. 14 april:

Herr Fürst refererade och öfverlämnade till Sällskapet hans och professorn i Köpenhamn Fr. C. C. Hansens arbete: »Crania groenlandica, a description of Greenland Eskimo Crania with an introduction on the geography and history of Greenland».

Herr Fürst demonstrerade en af honom inventerad och af instrumentmakare A. Hill i Lund förfärdigad »Diagraf och kraniofor».

Herr Charlier refererade en afhandling af fil. lic. Sven D. Wicksell: »The general characteristics of the frequency function of stellar movements as derived from the proper motions of the stars». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 26 Nr 9.)

Herr Charlier refererade en afhandling af fil. lic. Walter Gyllenberg: »Stellar velocity distribution as derived from observations in the line of sight». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 26 Nr 10.)

Herr Wallengren framlade program för de vetenskapliga forskningar, hvilka sommaren 1915 skulle verkställas i Öresund å Sällskapets undersökningsmotorbåt »Sven Nilsson».

1915, d. 18 maj:

Herr Holmström redogjorde för geologien vid vägen från Hör till Dalen samt för karpodlingen i denna trakt.

Herr Nilsson-Ehle refererade en afhandling af fil. lic. Heribert-Nilsson: »Die Spaltungserscheinungen der Oenothera Lamarckiana». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 27 Nr 1.)

Herr Nilsson-Ehle refererade en afhandling af fil. lic. Å. Åkerman: »Studier över trådlika protoplasmabildningar i växtcellerna». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 27 Nr 3.)

Herr Rydberg höll föredrag: »Om egenskaperna hos kollektiva varanden».

Under Fysiografiska Sällskapets arbetsår 1914—1915 hafva funktionerat såsom

Ordförande professor John Forssman,

Sekreterare professor Carl M. Fürst,

Skattmästare observator Folke Engström och

Redaktör för Sällskapets Handlingar professor Hans Wallengren.

Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1901—02. — **Bd 14.** Der Musculus popliteus und seine Sehne, von *C. M. Fürst* Studien über Nemertinen, III. Beobachtungen über den Bau von Carinoma Oudemans nebst Beiträgen zur Systematik der Nemertinen, von *D. Bergendal.* Fysikens utveckling till allmän tillståndslära. Inbjudning till filosofie doktorspromotionen den 29 maj 1903, af *J. R. Rydberg.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1902—03. — **Bd 15.** Zur Kenntnis der Histogenese und des Wachsthums der Retina, von *C. M. Fürst.* Researches into the graptolites of the lower zones of the Scanian and Vestrogothian Phyllo-Tetragraptus beds, II, by *S. L. Törnqvist.* Zur Theorie der mehrdeutigen automorphen Funktionen, von *T. Brodén.* Om det osmotiska trycket, af *A. V. Bäcklund.* Ueber den feineren Bau des Visceralganglions von Anodonta, von *T. Freidenfelt.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1903—04. — **Bd 16.** Om sammanhanget mellan osmotiskt och elektriskt tryck, af *A. V. Bäcklund.* Zur Biologie der Muscheln. I. Die Wasserströmungen, von *H. Wallengren.* Zur Biologie der Muscheln. II. Die Nahrungsaufnahme, von *H. Wallengren.* Contributions à la connaissance de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie. Deuxième série, par *S. Murbeck.* Researches into the theory of probability, by *C. V. L. Charlier.* Studier öfver pollenslangarnes irritationsrörelser. II, af *B. Lidforss.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1904—05. — **Bd 17.** Contributions à la connaissance de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie. Deuxième série, (Suite), par *S. Murbeck.* Om den afrikanska recurrensfebern, dess orsaker och utbredningssätt, af *S. Ribbing.* Om de Chasmopskalken och Trinucleusskiffern motsvarande bildningarne i Skåne, af *E. Olin.* Om kroppars lösning och därmed närmast förvandta företeelser, af *A. V. Bäcklund.* Die Chininbehandlung der Malariakrankheiten und ihre Methodik, af *S. Ribbing.* Bidrag till Pterantheernas morfologi, af *S. Murbeck.* Bidrag till kännedomen om ceratopygeregionen, med särskild hänsyn till dess utveckling i Fogelsångstrakten, af *J. Chr. Moberg* och *C. O. Segerberg.* Om några Ginkgoväxter från kolgrufvorna vid Stabbarp i Skåne, af *A. Nathorst.* Ett manganhaltigt vatten och en brunstensbildning vid Björnstorp i Skåne, af *M. Weibull.* Tal vid Kongl. Fysiografiska Sällskapets i Lund minnesfest den 3 december 1906 öfver dess stiftare Anders Jahan Retzius, af *C. M. Fürst.* Kilian Stobæus d. ä. och hans brefväxling, af *C. M. Fürst.* Om Dirichlets problem vid värmeledningsekvationer, af *C. W. Oseen.* Die wintergrüne Flora, von *B. Lidforss.* Die Vesicarius-Gruppe der Gattung Rumex, von *S. Murbeck.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1905—06. — **Bd 18.** Om trypanosoma-sjukdomarna, en orienterande öfversikt, af *S. Ribbing.* Typhus-Statistik aus dem Provinzialkrankenhause zu Lund von den Jahren 1887—1906, von *S. Ribbing.* Studier öfver Nissans hydrografi, af *A. Hennig.* Lösningars magnetiska och optiska karakterer, af *A. V. Bäcklund.* Observations on the genus Rastrites and some allied species of Monograptus, by *S. L. Törnquist.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1906—07. — **Bd 19.** Ueber kinoplasmatische Verbindungsfäden zwischen Zellkern und Chromatophoren, von *B. Lidforss.* Om några föreningar mellan etyltioglykolsyra och kuprosalter, af *L. Ramberg.* Weitere Beiträge zur Kenntnis der Psychroklinie, von *B. Lidforss.* Ueber die Bewegung der Bahnebenen der Satelliten in unserem Planetensystem, von *C. V. L. Charlier.* Untersuchungen von elektrischen Schwingungen dritter Art in einem Lichtbogen, von *M. Siegbahn.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1907—08. — **Bd 20.** Om Fyledalens gotlandium, af *J. Chr. Moberg* och *K. A. Grönwall.* Kreuzungsuntersuchungen an Hafer und Weizen, von *H. Nilsson-Ehle.* Studier öfver Dictyograptusskiffern och dess gränslager med särskild hänsyn till i Skåne förekommande bildningar, af *A. H. Westergård.* Beiträge zur Kenntnis der paläarktischen Ephemeriden, von *S. Bengtsson.* Die Unterschenkel- und Fussmuskulatur der Tetrapoden und ihr Verhalten zu der entsprechenden Arm- und Handmuskulatur, von *L. Ribbing.* Undersökning av tenn-silverlegeringarnas elektriska egenskaper. Termoelektrisk kraft och ledningsmotståndets temperaturkoefficient, af *E. Björnsson.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1908—09. — **Bd 21.** Bidrag till mag- och duodenalsårets kirurgi, af *G. Petrén.* Index to N. P. Angelin's Palæontologia Scandinavica, with notes, by *A. H. Westergård.* Morphologisch-systematische Bemerkungen über Ergasilus Sieboldii Nordm., von *T. Freidenfelt.* Zur Kenntnis der parasitischen Schnecken, von *N. Rosén.* Arvid Henrik Flormans bref till Anders Retzius, af *C. M. Fürst.* Der Musculus Protactor Hyoidei (Geniohyoideus auctt.) und der Senkungsmechanismus des Unterkiefers bei den Knochenfischen, von *O. Holmqvist.* Beitrag zur Frage: Welches Keimblatt bildet das Skelett der Wirbeltiere? von *N. Rosén.* Kleinere Muskelstudien. I—II, von *L. Ribbing.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1909—10. — **Bd 22.** Några variationsformler inom integralekvationernas teori, af *Henrik Block.* Magnetische Feldmessung, von *Manne Siegbahn.* Extension de la méthode de Laplace aux équations

$$\sum_{i=0}^{n-1} A_{1i}(x,y)\frac{\partial^{i+1}z}{\partial x\partial y^i}+\sum_{i=0}^{n} A_{0i}(x,y)\frac{\partial^i z}{\partial y^i}=0,$$ par *Louise Petrén.*

Die Lagrange'sche Gleichung im Bahnbestimmungsproblem, von *C. V. L. Charlier.* Contributions to the Fauna of the Bahamas. I—III, by *Nils Rosén.* Kreuzungsuntersuchungen an Hafer und Weizen, von *H. Nilsson-Ehle.* Studien in der von den NN. Trigeminus und Facialis innervierten Muskulatur der Knochenfische. I—II, von *Otto Holmqvist.* Eine neue Methode zur Zuckerbestimmung, von *Ivar Bang.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1910—11. — **Bd 23.** Temperatur- und Gasgehaltsuntersuchungen im See Ören, von *T. Freidenfelt.* Studies in Stellar Statistics. I. Constitution of the Milky Way. First Memoir, by *C. V. L. Charlier.* Kleinere Muskelstudien. III, von *L. Ribbing* und *K. Hermansson.* Studies in Stellar Statistics. II. The Motion of the Stars, by *C. V. L. Charlier.* Kemisk undersökning av Malmö stads vattenfattning vid Torreberga, av *Ludvig Ramberg.* Quelques mesures anthropologiques, prises sur 54 jeunes Islandais, par *L. Ribbing.* Einige Anwendungen diskontinuierlicher Integrale auf Fragen der Differenzenrechnung, von *T. Brodén.* Kleinere Muskelstudien. IV, von *L. Ribbing.* Beobachtungen über den Einfluss der Pflanzendecke auf die Bodentemperatur, von *John Frödin.* Kleinere Muskelstudien. V, von *L. Ribbing.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1911—12. — **Bd 24.** Bidrag till kännedomen om uppkomsten af cystanjurar, af *J. Forssman.* Den flegmonösa enteriten i duodenum och början av jejunum, av *Einar Sjövall* och *Gunnar Frising.* Om de anormala njurkärlens betydelse för uppkomst och utveckling af hydronefros, af *J. Borelius.* Trepanerade svenska kranier från äldre tid, af *Carl M. Fürst.* Undersökningar över autoxidabla substanser och autoxidabla system av fysiologiskt intresse, av *T. Thunberg.* Studier öfver obturerande lungemboli som postoperativ dödsorsak, af *Gustaf Petrén.* Studien über einige Wirkungen der Saponine, von *E. Overton.* Über die Ergebnisse der internen Behandlung von Ulcus ventriculi (sive duodeni) mit Stauungsinsuffizienz, von *K. Petrén, K. Leiwenhagen, I. Thorling.* Ein Verfahren zur Mikrobestimmung von Blutbestandteilen, von *Ivar Bang.* Bidrag till kännedomen om den förtidiga placentaravlösningens patologi, av *Elis Essen-Möller.* Några iakttagelser af lokala flyktiga ödem, af *Kj. O. af Klercker.* Über die Entwicklung der orbitalen Drüsen bei Pygoscelis papua, von *Fritz Ask.* Fall av dermoidcysta i orbita, av *G. Ahlström.* Über die Entstehung des Septum pericardiaco-peritoneale, des Ligamentum falciforme hepatis und der Lebersegmentierung bei den Gymnophionen, von *Ivar Broman.* Undre dicellograptusskiffern i Skåne jämte några därmed ekvivalenta bildningar, af *Assar Hadding.* Physiologisch-biologische Studien über die Atmung bei den Arthropoden. I, von *Hans Wallengren.* Biologisch-faunistische Untersuchungen aus dem Öresund. I, von *Wilhelm Björck.* Untersuchungen über das System der Grundstoffe, von *J. R. Rydberg.* A survey of the Phytogeography of the Arctic American Archipelago, by *Herman G. Simmons.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1912—13. — **Bd 25.** The Distribution of the Stars to the Eleventh Magnitude, by *Hans Henie.* De båda isomera formerna av platoetyltioglykolat och deras derivat, av *Ludvig Ramberg.* Variationen der Nn. mandibularis trigemini und mandibularis externus facialis bei Gadus callarias sowie ihre wahrscheinliche Bedeutung, von *Otto Holmqvist.* Physiologisch-biologische Studien über die Atmung bei den Arthropoden. II, von *Hans Wallengren.* Zur Kenntnis der Spinndrüsen der Araneina, von *Björn Johansson.* Spaltöffnungsstudien bei schwedischen Sumpfpflanzen, von *H. Nilsson-Ehle.* Über die Zwischensehnen oder Myocommata in dem Musculus protractor hyoidei der Knochenfische, von *Otto Holmqvist.* Physiologisch-biologische Studien über die Atmung bei den Arthropoden. III, von *Hans Wallengren.* Om stamkrökningars orienterande inflytande på anläggningen af birötter. Studier öfver morphaesthesi, af *Otto Gertz.* The Motion and Distribution of the Sun-spots, by *A. O. Åkesson.* Studier öfver ansiktsprofilens förhållande till kranieprofilen, af *Victor Berglund.* Beiträge zur Kenntnis der Linienspektren, von *Emil Paulson.* Physiologisch-biologische Studien über die Atmung bei den Arthropoden. IV, von *Elsa Kreuger.* Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1913—14.

Lunds Universitets Årsskrift. N. F. Afd. 2. Bd 11.

K. Fysiografiska Sällskapets Handlingar. N. F. Bd 26.

Pris kr. 24: 00.

Innehåll:

De närmast föregående bandens innehåll: se omslagets 2 och 3 sida.

Hvarje afhandling säljes särskildt.

I bokhandeln finnes att tillgå: Innehållsförteckning, systematisk öfversikt och författare-register till Lunds Universitets Årsskrift, Tom. 1—40. Utarbetade af *P. Sjöbeck*. Lund, C. W. K. Gleerup, 1906. Pris 1 krona.

Lund 1914—15, Håkan Ohlssons boktryckeri.